



Treball de fi de màster

Títol: Implementació dels FabLabs (FabricationLaboratories) als centres de Secundària i Batxillerat.

Cognoms: Schocher Carlier

Nom: Laurens

Titulació: Màster en Formació del Professorat d'Educació Secundària Obligatòria i Batxillerat, Formació Professional i Ensenyament d'Idiomes

Especialitat: Tecnologia

Director/a: Lluïsa Jordi Nebot

Data de lectura: 19 de Juny de 2019

Índex

| | |
|--|----|
| Índex | 1 |
| Llista de figures | 3 |
| Llista de taules..... | 4 |
| 1. Previ..... | 5 |
| 1.1 Motivacions..... | 5 |
| 1.2 Resum..... | 5 |
| 1.3 Resumen | 5 |
| 2. Introducció | 6 |
| 3. Estat de l'art | 7 |
| 3.1 Definició de fabricació digital..... | 7 |
| 3.2 Orígens i història de la fabricació digital | 7 |
| 3.3 Tipologies de fabricació digital | 8 |
| 3.4 Orígens i història dels “FabLab” i el “Moviment Maker” | 11 |
| 3.5 Equipaments i iniciatives de fabricació digital a Catalunya | 13 |
| 3.5.1 FabLabs..... | 13 |
| 3.5.2 Ateneus de Fabricació..... | 14 |
| 3.5.3 Altres espais | 15 |
| 3.5.4 Trets comuns a tots els espais..... | 15 |
| 4. La fabricació digital en els entorns educatius | 16 |
| 4.1 Iniciatives i programes existents..... | 16 |
| 4.2 Anàlisi d'estudis i investigacions de la implementació de la fabricació digital a l'educació. | 19 |
| 4.3 Què ofereixen els espais de fabricació digital als centres educatius? | 21 |
| 4.3.1 Avantatges i inconvenients dels espais de fabricació digital als centres educatius. . | 21 |
| 4.3.2 Mètodes/metodologies/models pedagògics adients als espais de fabricació digital i el moviment Maker que els acompanya..... | 23 |
| 5. Justificació de la implementació tallers de fabricació digital als centres de Secundària i Batxillerat..... | 25 |
| 6. Com implementem un FabLab a un centre de Secundària i Batxillerat? | 27 |
| 6.1 L'espai | 27 |
| 6.2 Màquines | 28 |
| 6.2.1 Talladora làser..... | 28 |
| 6.2.2 Plotter de tall..... | 29 |

| | |
|--|-----------|
| 6.2.3 Impressora 3D tipus FDM | 30 |
| 6.2.4 Exemple de pressupost per un espai amb extracció de gasos cap a l'exterior | 31 |
| 6.3 Programari (Software)..... | 32 |
| 6.4 Formació del Professorat | 33 |
| 6.5 Manteniment | 33 |
| 7. Problemàtica actual | 33 |
| 8. Proposta pedagògica lligada amb el currículum de secundària | 33 |
| 8.1 Contextualització i presentació de la proposta..... | 34 |
| 8.2 Objectius de la proposta | 34 |
| 8.3 Desenvolupament de la proposta | 35 |
| 8.3.1 Descripció del projecte | 35 |
| 8.3.2 Enunciat del projecte | 35 |
| 8.3.3 Aportacions de les matèries implicades | 35 |
| 8.3.4 Objectius formatius..... | 36 |
| 8.3.5 Continguts curriculars, continguts clau i competències bàsiques que es treballen. .. | 37 |
| 8.3.6 Criteris d'avaluació | 42 |
| 8.3.7 Metodologia de treball | 42 |
| 8.3.8 Organització de l'alumnat..... | 43 |
| 8.3.9 Atenció a la diversitat | 43 |
| 8.3.10 Seqüenciació i temporització..... | 43 |
| 8.3.11 Recursos necessaris | 44 |
| 8.3.12 Avaluació de l'alumnat | 44 |
| 8.3.13 Risc de l'activitat..... | 45 |
| 8.3.14 Avaluació del projecte | 45 |
| 9. Conclusions | 46 |
| 10. Bibliografia | 47 |
| 11. Webgrafia | 48 |

Llista de figures

| | |
|--|----|
| Figura 1. Fresadora CNC | 8 |
| FabLAB Newton. (2017). Fresadora CNC- FabLABNewton. Recuperat de https://commons.wikimedia.org | |
| Figura 2. Torn CNC | 9 |
| Jumamaquinarias. (2011). Torno CNC RomiGalaxy 30. Recuperat de https://flickr.com | |
| Figura 3. Impressores 3D tipus FDM | 9 |
| Elaboració pròpia. | |
| Figura 4. Tècnica FDM..... | 10 |
| Innovation & Entrepreneurship. (2019). Tècnica FDM. Recuperat de https://comunidad.iebschool.com/impresoras3d/2016/11/02/la-impresion-3d-que-es-y-sus-tecnicas-de-impresion/ | |
| Figura 5. Talladora làser. | 11 |
| Elaboració pròpia. | |
| Figura 6. FabLabs oficials arrel del món al 2019 | 12 |
| FabLabs oficials arreu del món. (2019). Recuperat de https://www.fablabs.io/labs/map | |
| Figura 7. Evolució de les puntuacions a les competències bàsiques | 26 |
| Recuperat de (Mateo, 2015) | |
| Figura 8. Exemple d'Espai FabLab per centre de secundària | 27 |
| Elaboració pròpia. | |
| Figura 9. Full Spectrum Hobby Series 20x12 CO2 Laser cutter..... | 29 |
| Fslaser. (2019). Hobby Series 20x12 CO2 Laser Cutter. Recuperat de https://fslaser.com | |
| Figura 10. Plotter de tall Silhouette Cameo 3 | 30 |
| Planeta Silhouette. (2019). Silhouette Cameo 3. Recuperat de https://www.planetasilhouette.es/silhouette-cameo-3/ | |
| Figura 11. Plotter de tall GCC Expert II 24..... | 30 |
| GCC. (2018). Plotter Expert II 24. Recuperat de https://es.gccworld.com/goods.php?act=view&no=57 | |
| Figura 12. Impressora Tiertime Up mini 2 | 31 |
| (Tiertime). (2017). Up mini 2. Recuperat de https://www.tiertime.com/up-mini-2/ | |
| Figura 13. Impressora Anet A8 Plus | 31 |
| (N.d). (2019) Anet A8 Plus. Recuperat de https://es.gearbest.com/3d-printers-3d-printer-kits/pp_009930182739.html | |

Llista de taules

| | |
|--|----|
| Taula 1. Percentatge d'alumnat situat en el nivell baix d'assoliment de la competència a PISA 2015 | 26 |
| Recuperat de (Ministerio de Educación Cultura y Deporte, 2016). | |
| Taula 2. Exemple de Talladora làser | 28 |
| Elaboració pròpia. | |
| Taula 3. Comparativa entre Plotter ample de tall 30cm i Plotter ample de tall 60cm. | 29 |
| Elaboració pròpia. | |
| Taula 4. Comparativa entre impressora 3D Segura + Fàcil maneig i impressora 3D DIY. | 30 |
| Elaboració pròpia. | |
| Taula 5. Software per dibuixar o modificar la geometria de l'objecte o peça | 32 |
| Elaboració pròpia. | |
| Taula 6. Competències bàsiques i Continguts curriculars de l'àmbit Personal i Social..... | 37 |
| Elaboració pròpia. | |
| Taula 7. Competències bàsiques i Continguts curriculars de l'àmbit Digital | 38 |
| Elaboració pròpia. | |
| Taula 8. Competències bàsiques, Continguts Clau i Continguts curriculars Tecnologia..... | 39 |
| Elaboració pròpia. | |
| Taula 9. Competències bàsiques, Continguts Clau i Continguts curriculars Matemàtiques | 40 |
| Elaboració pròpia. | |
| Taula 10. Competències bàsiques, Continguts Clau i Continguts curriculars Biologia i Geologia | 41 |
| Elaboració pròpia. | |
| Taula 11. Competències bàsiques, Continguts Clau i Continguts curriculars Visual i Plàstica .. | 41 |
| Elaboració pròpia. | |
| Taula 12. Rúbrica d'avaluació del Projecte | 45 |
| Elaboració pròpia. | |

1. Previ

1.1 Motivacions

Són varis els motius que m'han dut a tractar el tema de la implementació dels espais de fabricació digital (FabLabs) en aquest treball final de màster. Per una banda, la meua pròpia inquietud envers a la creació i disseny d'objectes i el meu interès en les noves tecnologies gràcies al qual vaig conèixer aquests tipus d'espais. I per altra banda, els nous coneixements adquirits al màster de formació del professorat com la innovació educativa i l'aprenentatge per competències entre d'altres.

1.2 Resum

En aquest treball es planteja la implementació dels laboratoris de fabricació digital (FabLabs) als centres de Secundària i Batxillerat. En ell es fa un repàs a la història de la fabricació digital, dels FabLabs i del moviment Maker que els acompanya, fins a arribar al context actual. S'estudia, mitjançant Bibliografia especialitzada, la implementació de la fabricació digital i els FabLabs a entorns educatius. Es descriuen les necessitats per implantar aquests espais als centres de Secundària i Batxillerat. S'analitzen els avantatges i inconvenients que aquests espais aporten als centres educatius. S'avalua quins són els factors que dificulten la seva implementació. Es fa una proposta pedagògica on es lliga un procés de fabricació digital amb el currículum de secundària. I finalment s'extreuen unes conclusions.

1.3 Resumen

En este trabajo se plantea la implementación de los laboratorios de fabricación digital (Fablabs) en los centros de Secundaria y Bachillerato. En él se hace un repaso a la historia de la fabricación digital, de los Fablabs y del movimiento Maker que los acompaña, hasta llegar al contexto actual. Se estudia, mediante Bibliografía especializada, la implementación de la fabricación digital y los Fablabs a entornos educativos. Se describen las necesidades para implementar estos espacios en los centros de Secundaria y Bachillerato. Se analizan las ventajas e inconvenientes que estos espacios aportan a los centros educativos. Se evalúa qué factores dificultan su implementación. Se hace una propuesta pedagógica en la que se enlaza un proceso de fabricación digital con el currículo de secundaria. Y finalmente se extraen unas conclusiones.

2. Introducció

La societat actual viu en una constant evolució que va lligada a l'evolució tecnològica. En el futur, les persones hauran d'assolir unes competències que els donin flexibilitat per adaptar-se als canvis del mercat laboral del segle XXI. Habilitats relacionades amb les STEAM i les relacionades amb el pensament crític, la innovació i la ciència de l'organització seran essencials en un futur no tan llunyà.

Educadors i investigadors d'arreu del món veuen els laboratoris de fabricació digital (FabLabs) com a els espais perfectes per poder dur a terme processos d'ensenyament-aprenentatge que potencien aquestes competències. Espais que ofereixen una barreja d'eines, mètodes/metodologies/models pedagògics i tecnologia que fan més atractiu i motivador l'aprenentatge, on els alumnes poden experimentar i fer tangibles les seves idees, treballar de forma col·laborativa, resoldre problemes i potenciar la seva creativitat.

Aquest treball té com a objectiu estudiar, analitzar i avaluar la implementació dels FabLabs als centres de Secundària i Batxillerat.

“L'objectif principal de l'éducation est de créer des hommes qui sont capables de faire de nouvelles choses, sans se contenter de répéter ce que les autres générations ont fait. Des hommes qui sont créatifs, inventeurs et explorateurs”

Jean Piaget.

3. Estat de l'art

3.1 Definició de fabricació digital

La fabricació digital es pot definir com un conjunt de tecnologies integrades mitjançant les quals es fa possible la producció d'objectes físics amb màquines controlades per ordinador a partir de dissenys computacionals.

Es pot diferenciar entre procés de fabricació digital a la indústria (on va néixer, per reduir costos i fer més eficients els processos de producció, i on l'anàlisi de l'objecte és molt important) i el procés de fabricació digital al moviment Maker o als espais de producció d'objectes físics a escala personal o local.

El procés de fabricació digital a la indústria seria el següent: primer s'elabora el disseny i modelatge de l'objecte amb programari CAD (Computer Aided Design); després se'n fa l'anàlisi amb un programa CAE (Computer Aided Engineering); a continuació es fa la simulació del procés de fabricació amb paquets CAM (Computer Aided Manufacturing); i per últim es fabrica el producte emprant màquines controlades per ordinador, màquines de control numèric CNC (Computer Numeric Control), com ara fresadores, torns, trepants, talladores làser, impressores 3D i robots.

Al moviment Maker o als espais de producció d'objectes físics a escala personal o local, el procés de fabricació digital és el següent: es fa primer el modelatge i després la fabricació, és a dir, no es realitza la fase d'anàlisi de l'objecte.

3.2 Orígens i història de la fabricació digital

La fabricació digital va néixer el 1952 al Massachusetts Institute of Technology (MIT) quan els investigadors que hi treballaven van crear la primera eina de control numèric (CNC). Van connectar una computadora digital a una fresadora, de tal forma que en lloc que un maquinista fes girar els cargols que movien el mecanisme, feien servir un programa. Això els permetia produir components d'avió amb formes molt més complexes que les que es podien fer a mà. (Gershenfeld, 2012)

Als anys vuitanta, surten al mercat processos de fabricació controlats per ordinador que afegeixen material en lloc de treure'n, la fabricació additiva també coneguda com a impressió en 3D. Aquella mateixa dècada els sistemes de fabricació controlats per ordinador de primera generació van abaixar els seus preus de centenars de milers de dòlars a desenes de milers de dòlars, fent-los atractius per als grups d'investigació. (Gershenfeld, 2012)

Va ser al començament dels anys 2000 quan es van popularitzar les tecnologies de fabricació digital a causa de l'abaratiment del preu dels equips de prototipatge i a l'aparició del programari de codi obert. A partir de llavors, es podien crear prototips en dies en comptes d'en mesos; ja es podien utilitzar per fer (gairebé) qualsevol cosa a qualsevol lloc. Això ho va canviar tot.

Avui en dia les màquines CNC estan presents en els processos de producció de gairebé tots els àmbits de la indústria, tant en el prototipatge, utilitzen les impressores 3D per modelar productes abans de produir-los (prototipatge ràpid) com en la producció del producte final. També han proliferat en l'àmbit semiprofessional o no professional, on es fan servir més per al prototipatge. (Gershenfeld, 2012)

Alguns dels molts i diversos camps on es fa servir el procés de fabricació digital més conegut, la impressió 3D, són:

- La medicina, on es fa servir en ortodòncia, la construcció de pròtesis, la bio-impressió, la planificació d'intervencions quirúrgiques, etc.
- El disseny, la moda i la joieria.

- El camp espacial, on per exemple s'han creat teixits de metall per a astronautes de la NASA, on s'ha construït una impressora 3D amb un braç circular que s'alimenta amb llum solar i s'adapta a entorns hostils com l'Antàrtida o Mart.
- L'enginyeria civil i l'arquitectura.
- L'àmbit semiprofessional i el no professional, on es fa servir per al prototipatge i l'autofabricació.

3.3 Tipologies de fabricació digital

Segons Garcia Alvarado (Garcia Alvarado, 2011), podem diferenciar dos sistemes de fabricació digital: substractius o additius. Els sistemes substractius extrauen material i solen associar-se a màquines de control numèric (CNC) i els additius solidifiquen material i es vinculen a màquines de prototipatge ràpid (RP). Però com bé diu el mateix Alvarado tots els equips de fabricació digital es controlen numèricament i poden produir prototips. No obstant això, avui en dia es parla d'un tercer sistema de fabricació digital: el tall

Sistemes i màquines de fabricació digital substractiva

Creen objectes mitjançant el tall o sostraint material. Igual que en la fabricació additiva el disseny de l'objecte es realitza amb un programa informàtic i posteriorment s'envia a les màquines que reben les instruccions de la computadora. Aquesta tecnologia està molt més madura i actualment es fa servir a moltes indústries.

- Fresadora

Les seves parts principals són la taula, el capçal de tall, amb eines de tall o perforació intercanviables, el cargol de ferro per al moviment, i els carros de desplaçament lateral i transversal. Els materials que es fan servir són la fusta, el plàstic i els blocs de ferro. Quan inclouen una gran versatilitat d'eines, de diferent precisió i direcció, són denominats centres de mecanitzat.



Figura 1. Fresadora CNC

- Torn

Es caracteritza per ser una màquina molt eficaç per mecanitzar peces de revolució. Pot fer tots els treballs que solen realitzar-se mitjançant processos de tornejat: paral·lels, automàtics, verticals o revòlver. Les seves parts principals són el capçal de tall, el cargol de ferro per al moviment, la taula, el carro i el contrapunt. Els materials que es fan servir són acer, ferro, bronze, fusta i plàstics.



Figura 2. Torn CNC

- Braç robòtic

“Els braços robòtics són equips de gran versatilitat de moviments i operació, en una ubicació fixa o traslladable (de vegades motoritzats), normalment amb tres o quatre articulacions que arriben a un ampli radi d'acció i variats eixos de treball. Utilitzant sostenidors de precisió per traslladar elements, afermar perforadores o talladores, de manera que poden realitzar operacions complexes controlades digitalment. S'utilitzen majorment en la indústria automotriu i experimentalment s'han utilitzat per elaborar elements constructius o tasques en terreny.” (Garcia Alvarado, 2011)

Sistemes i màquines de fabricació digital additiva

- Impressores 3D

Són les més conegudes a causa de la seva accessibilitat i facilitat d'ús. Permeten construir un objecte afegint o superposant capes d'un material específic com plàstic, ceràmica, acer, etc.

Tipus d'impressió 3D:

- FDM (Impressió 3D per deposició de material fos). Són les impressores més populars i més econòmiques. La tècnica es basa en la construcció per deposició fosa.

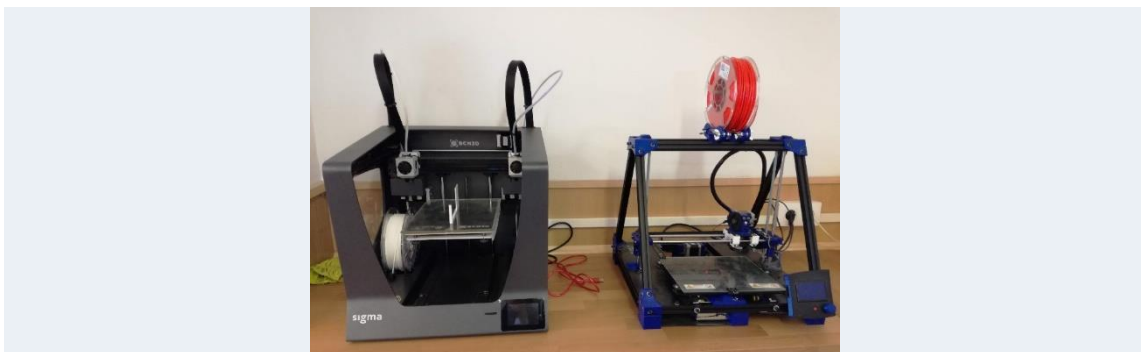


Figura 3. Impressores 3D tipus FDM

El material més utilitzat avui en dia per aquestes impressores és el PLA (Plàstic biodegradable d'origen vegetal) però poden fer servir d'altres com ABS, Filaflex, Nylon, etc.

El seu funcionament consisteix a dipositar un polímer fos, capa a capa, sobre una base plana. El material inicialment es troba en forma de filament emmagatzemat en rotllos, aquest filament passa per un element calent que el fon, després passa per una punta extrusora d'on surt en forma de fils que es va dipositant en una superfície a una temperatura molt inferior perquè aquesta es solidifiqui ràpidament. La punta extrusora va seguint la trajectòria que li indica l'arxiu. La fabricació de l'objecte es va realitzant capa a capa.

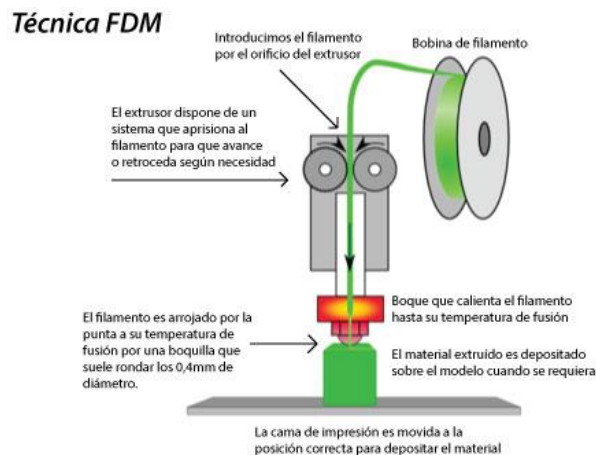


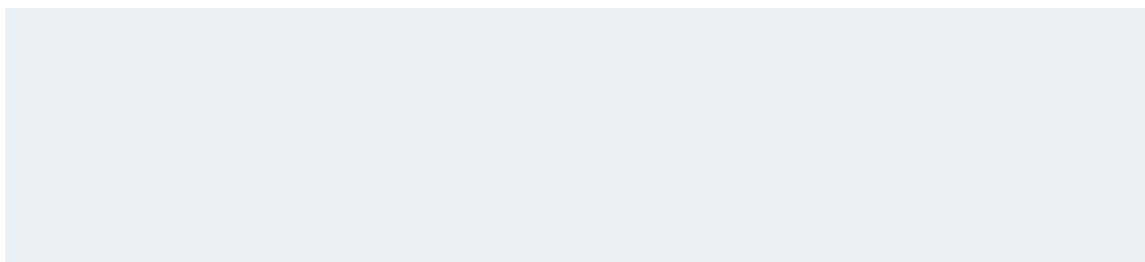
Figura 4. Tècnica FDM

- SLA (Impressió 3D per Estereolitografia de làser): Tècnica basada en la solidificació mitjançant llum òptica. És una tècnica més avançada que la de FDM i permet la fabricació d'una capa completa per unitat de temps, és a dir, mitjançant la projecció de la silueta d'una capa completa sobre una superfície transparent, solidifica només la part il·luminada utilitzant foto- polímers que reaccionen quan els són aplicats una llum a una determinada longitud d'ona passant d'un estat líquid a sòlid.

- SLS (Impressió 3D per sinterització selectiva de làser): Tècnica basada en la sinterització mitjançant làser òptic. Encara que existeixen diverses tècniques SLS, la més comuna és l'ocupació d'un làser que va solidificant un polímer en forma de pols i unint les molècules veïnals en la seva trajectòria. La construcció és similar a la de l'FDM però els seus resultats són més precisos.

- Màquines de brodar digitals

Broden a partir d'un fitxer de disseny digital que conté un model d'una peça de tela i un model de línies on el fil s'afegirà. La màquina de brodar conté un capçal de màquina de cosir, que pot dipositar fil a la tela. Els motors controlats per ordinador, mouen la tela en dues dimensions sota el capçal de cosir. El programari tradueix les instruccions del fitxer de disseny digital que especifiquen com s'ha de moure el teixit, per cosir la forma desitjada. El seu us és la decoració de tela: cosint dissenys de circuits en tela amb un fil conductiu.



Sistemes i màquines de fabricació digital per tall

- Talladora làser

“Les talladores làser desplacen un feix de llum d'alta intensitat en dos eixos simultàniament, obrint petites ranures al material (fusta, plàstic, cartró o cuir), sense tenir contacte físic amb el producte i amb una alta precisió. Com produeixen el tall per calor, usualment ensutgen els costats i de vegades també les superfícies del material, expel·lint fum i produint ocasionalment inflamació.” (Garcia Alvarado, 2011)



Figura 5. Talladora làser.

- Plotter de tall

“Anomenat també talladora de ganivet, desplaça una fina fulla metàl·lica en un eix, amb rotors que mouen el material en l'altre sentit, aconseguint realitzar talls rectes o corbs, tot i que només amb làmines de materials tous de poc gruix (inferior a 1 mm.) com papers, cartrons o vinils, amb mides de fins a un 1 m d'ample i llargs il·limitats. Amb aquests equips es poden realitzar siluetes o models tridimensionals constituïts de perfils primers simples (maquetes de paper o cartró).” (Garcia Alvarado, 2011)

- Talladores industrials: talladora de plasma i talladora de raig d'aigua

Es tracta de talladores que inclouen raig de plasma (gas molt escalfat i ionitzat), arc elèctric o aigua a alta pressió. Els materials que més es tallen són acer, acer inoxidable, alumini, llautó i coure. Algunes màquines es dediquen exclusivament a tallar en un sentit, perforar forats, plegar o soldar en línia i requereixen àmplies plataformes de treball i sistemes semi automatitzats de subjecció de les planxes. Algunes taules talladores poden variar eines i profunditats de traçat, per la qual cosa són denominades router.

3.4 Orígens i història dels “FabLab” i el “Moviment Maker”

L'any 2003, coincidint amb l'abaratiment del preu dels equips de prototipatge i l'aparició del programari de codi obert, el professor Neil Gershenfeld i els seus companys del MIT's Center for Bits and Atoms (CBA) amb el suport de la National Science Foundation (NSF) van ser els primers en muntar un laboratori amb aquest tipus d'equipament; en concret, el laboratori disposava de: làser controlat per ordinador, impressora 3D, fresadores controlades per ordinador i components per emmotllar/col·locar/produir electrònica. Totes les eines estaven connectades mitjançant programari personalitzat: va néixer el FabLab (“Laboratori de Fabricació” o “Laboratori Fabulós”).

Una mica més tard van decidir crear un FabLab fora de la Institució, al South End Technology Center de Boston, un espai associatiu on s'animava els joves a apropiarse de la tecnologia.

Ràpidament el model de FabLab del MIT i el seu inventari original es va començar a replicar als cinc continents. La xarxa de FabLabs continua creixent cada any, duplicant el seu nombre cada

18 mesos; avui en dia s'estima que n'hi ha 1168 . Tot i que, actualment, no tots comparteixen exactament les mateixes màquines sí que busquen mantenir les seves capacitats de fabricació i comparteixen uns principis coneguts. El primer FabLab a Espanya va ser el de Barcelona, inaugurat el 2007, va ser un dels primers d'Europa i actualment és un referent clau dintre de la xarxa de FabLabs.



Figura 6. FabLabs oficials arrel del món al 2019

Pràcticament al mateix moment que es van crear els primers FabLabs va aparèixer un nou moviment anomenat “Moviment Maker”. El nom i la idea d'aquest moviment es pot vincular a la fundació de la revista *Make Magazine* l'any 2005 , una publicació mensual dedicada als entusiastes del *Do It Yourself* (DIY) i el *Tinkerers*, i a la primera fira maker, *la Maker Faire*, celebrada a Califòrnia al 2006 i que girava al voltant de l'activitat bàsica del *making*.

Hi ha moltes definicions per explicar què significa *making*; jo em quedo amb la que va fer Lee Martin a partir de concepcions d'altres autors:

"Tota classe d'activitats centrades en el disseny, la construcció, la modificació i /o la reelaboració d'objectes materials, per a unes finalitats lúdiques o útils, orientades a la creació d'un "producte" que d'alguna manera pugui ser utilitzat, es pugui interactuar amb ell o pugui ser mostrat" (Martin, 2015)

L'aparició dels Fablabs està directament vinculada amb la popularització del Moviment Maker el qual es basa en la filosofia del DIY.

Segons Sussana Tesconi (Tesconi, 2015) el moviment Maker resulta de la interacció de tres elements fonamentals:

1. Una mentalitat compartida per tota una comunitat, amb uns valors, unes creences i unes disposicions característiques.
2. Una infraestructura comunitària amb recursos en línia i espais (FabLabs i espais Maker) que afavoreixen la interacció personal i l'organització d'esdeveniments.
3. Un conjunt d'eines incloent màquines de fabricació digital, prototipatge ràpid, microprocessadors de baix cost i maquinària tradicional.

En definitiva, el moviment Maker és una comunitat de “hobbyists”, “tinkerers”, enginyers, “hackers” i artistes que dissenyen i construeixen creativament projectes amb finalitats lúdiques i útils.

3.5 Equipaments i iniciatives de fabricació digital a Catalunya

Col·loquialment es fa servir el nom “FabLab” per fer referència a aquells espais que disposen de maquinària de fabricació digital. No obstant existeixen altres espais, que presenten certes diferències; a continuació s'anomenen alguns dels que es troben a Catalunya, separant-los en tres categories, i s'expliquen les seves principals característiques.

3.5.1 FabLabs

Els FaLabs (“Laboratoris de Fabricació” o “Laboratoris Fabulosos”) són laboratoris per a la recerca i la innovació que s'agrupen entorn a una xarxa internacional coneguda com FabLab Network promoguda pel CBA del MIT. Moltes persones assumeixen que els espais són una sèrie de franquícies i s'hi refereixen com els FabLabs del MIT, o pensen que per obrir un FabLab cal demanar permís a algú; no és cert, no és un model franquiciat ni centralitzat. Entre els objectius d'aquests espais es troben l'experimentació i el compartir coneixement. També tenen iniciatives vinculades a l'educació, però aquest aspecte es tracta en l'apartat 4.1 d'aquest treball.

Són trets comuns a tots els FabLab:

- Estar vinculats a una institució.
- Compartir una sèrie de principis que es recullen en un manifest conegut com *Fab Charter*, i que es poden resumir en:
 1. L'afavoriment de la creativitat proporcionant eines de fabricació digital.
 2. L'accés per a qualsevol persona a fabricar qualsevol cosa sempre que no faci mal a ningú, fomenti l'autoaprenentatge i comparteixi experiències.
 3. L'ensenyament basat en projectes en progrés i en l'aprenentatge entre iguals i la contribució dels usuaris a la documentació i a la instrucció.
 4. El treball sense fer mal a altres usuaris ni a les màquines.
 5. El manteniment del laboratori per tal de deixar-lo més net del que estava abans d'usar-lo.
 6. La contribució al manteniment del taller.
 7. Els dissenys i processos desenvolupats en els FabLabs han de ser accessibles a l'ús individual, encara que la propietat intel·lectual pugui ser protegida segons l'elecció de l'usuari.
 8. Les activitats comercials poden ser incubades en els FabLabs però no poden entrar en conflicte amb l'accés obert.

El MIT publica un inventari en el qual es recull l'equipament bàsic que hauria de tenir un Fab Lab. Això inclou tant les màquines com els components electrònics i consumibles necessaris.

Molts FabLabs han pres aquesta llista com a punt de partida a l'hora d'equipar els seus espais, però no és obligatori. El que sí que han de compartir els FabLabs són els mateixos mètodes de fabricació digital, independentment dels models particulars de les màquines:

- Fabricació additiva.
- Fabricació subtractiva.
- Tall controlat per ordinador.

Així doncs es poden trobar Fablabs amb l'equipament original (100 000 \$), FabLabs amb equipaments més modestos (10 000 \$) i fins i tot petits Fablabs locals amb funcionalitats més bàsiques amb un cost de 1 000 \$.

A Catalunya hi ha una xarxa de 6 FabLabs anomenada FabCat. Tots 6 també pertanyen a la *FabLab Network* promoguda pel CBA del MIT:

- FabLab Barcelona, vinculat a *l'Institut d'Arquitectura Avançada de Catalunya (IAAC)*

Carrer Pujades 102 baixos, 08005, Barcelona.

- FabLab Sant Cugat

Avinguda Torre Blanca, 57, 08172, Sant Cugat del Vallès.

- FabLab Terrassa, vinculat a *l'Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa (ESEIAAT)*

Carrer Colom 1, 08222, Terrassa.

- FabLabTinkerers

Carrer d'Esteve Terradas, 1, 08860, Castelldefels.

- TheBeachLab

Passeig de la Ribera 46, 08870 Sitges.

- SokoTech

Carrer de Vallès i Ribot, 36, 08027 Barcelona.

3.5.2 Ateneus de Fabricació

Els Ateneus de Fabricació Digital són la proposta de l'Ajuntament de Barcelona per acostar la fabricació digital a la ciutadania. Són espais de creació i de formació, vinculats a les noves tecnologies i, en especial, a la fabricació digital. Estan pensats perquè la ciutadania (persones individuals, famílies, entitats, organitzacions, universitats i empreses) participi per tal de fer realitat, idees que transformin l'entorn i puguin contribuir al desenvolupament social.

Estan plantejats com a serveis públics que apropen la tecnologia i els processos de fabricació digital a les persones, facilitant el seu aprenentatge i facilitant la feina i la col·laboració.

El seu objectiu és implementar i coordinar un projecte estratègic de participació ciutadana basat en els preceptes de la innovació social i l'economia col·laborativa. La utilització d'aquests centres es basa en un model de contraprestacions no econòmiques. La gent que vol utilitzar les instal·lacions proposa la seva activitat i una sèrie de contraprestacions que beneficiïn el centre.

Cada un d'aquests Ateneus està o estarà especialitzat en base d'alguna característica pròpia del barri, en una temàtica. Cada Ateneu té les màquines de fabricació digital i eines tradicionals però no existeix un equipament comú.

En tots els ateneus s'ofereixen tres programes: el Programa Famílies, el Programa Innovació Social i el Programa Pedagògic. Del Programa Pedagògic es parla més en profunditat en l'apartat 4.1 d'aquest treball.

Barcelona té contemplat la creació d'un centre per districte. En l'actualitat hi ha tres Ateneus oberts i aviat se n'obrirà un quart:

- Ateneu de fabricació Les Corts

Carrer dels Comtes de Bell-Lloc, 192, 08014 Barcelona.

- Ateneu de Fabricació de Ciutat Meridiana

Av. dels Rasos de Peguera, 232, 08033 Barcelona.

- La Fàbrica del Sol de la Barceloneta

Passeig de Salvat Papasseit, 1, 08003 Barcelona.

- Ateneu de fabricació de Gràcia. Propera apertura (Setembre 2019)

Carrer del Perill ,8, 08012, Barcelona.

3.5.3 Altres espais

Aquesta categoria agrupa una altra tipologia d'espais que disposen de maquinària de fabricació digital i estan relacionats amb el Moviment Maker. En tots ells es fan formacions, es col·labora amb centres educatius, etc.

- BDN Lab

Carrer del General Weyler, 128, 08912 Badalona, Barcelona.

- Fab Casa del Mig-Punt Multmèdia

Carrer Muntadas 1-5, Parc de l'Espanya Industrial, 08014, Barcelona.

- Maker Convent-Centre Ciivic Convent Sant Agusti

Carrer del Comerç, 36, 08003, Barcelona.

- Citilab Cornellà

Pl. Can Suris s/n, 08940 Cornellà de Llobregat.

- MADE Makerspace Barcelona

Carrer de la Noguera Pallaresa 59, 08014, Barcelona.

- FabCafe Barcelona

Carrer de Bailén 11, 08010, Barcelona.

- BITS&BOOKS

Gran Via de les Corts Catalanes, 594, 08007 Barcelona.

3.5.4 Trets comuns a tots els espais

Com s'ha comentat existeixen moltes varietats d'espais; així i tot, gairebé tots comparteixen una sèrie de principis fonamentals així com una sèrie de reptes per al seu futur:

- Pràctica basada en el fer i el DIY (Do It Yourself): en tots aquests espais es propicia la capacitat de fer, de crear, de treballar sobre temes concrets fins a materialitzar-los.

- Aprenentatge com a procés compartit: més enllà del mateix espai i de la maquinària, aquests espais faciliten l'aprenentatge informal entre pàrs.

- Fabricació digital: l'abaratiment de la tecnologia i el codi obert o el lliure flux d'informació i coneixement ha permès que bona part dels espais puguin disposar de totes les capacitats de fabricació vistes amb anterioritat.

- Compartició i evolució de projectes existents: les solucions obertes són les preferides en aquests espais. Això permet una evolució constant basada en iteracions contínues i el treball en xarxa amb altres espais.

- Espais com catalitzadors de trobada, producció i socialització: tots aquests espais funcionen com a potenciadors per als seus usuaris; això els permet establir relacions més enllà del mateix espai.

4. La fabricació digital en els entorns educatius

4.1 Iniciatives i programes existents

Als anys 2000, investigadors i educadors d'arreu del món van començar a considerar l'ús de la fabricació digital en l'educació i es van posar en marxa moltes iniciatives i programes. A continuació, s'exposen alguns exemples representatius, ja que sobre aquest tema es podria fer un estudi molt més extens que excedeix l'abast d'aquest TFM.

Iniciatives dels FabLabs relacionades amb l'educació

FabLab@School

Programa experimental, desenvolupat el 2008 a través del Laboratori de Tecnologies d'Aprenentatge Transformatiu de la Universitat de Stanford i impulsat per Paulo Blinkstein.

Proposa la creació de FabLabs a centres educatius com a recurs didàctic. Aquests espais, un cop instal·lats als centres, serviran per investigar i compartir els tipus d'aprenentatges que s'hi poden dur a terme, i també, per investigar quines són les millors pràctiques educatives. El 2014 hi havia 6 centres participant en aquest programa. (García Saez, 2016)

A Rubí hi ha un centre que hi participa, el Liceu Politècnic. El seu projecte consisteix a integrar el FabLab al currículum del seu projecte educatiu. Per fer-ho s'utilitza com a teló de fons la fundació romana de la ciutat Barcelona "Barcino". Per començar proposen a l'alumnat de l'ESO dissenyar i construir, a partir de maquetes, la història de Barcelona seguint els moments clau que han marcat l'essència de la ciutat. S'afavoreix que totes les assignatures participin de l'espai creatiu del FabLab i s'integrin en un treball de síntesi interdisciplinari basat en l'aprenentatge constructiu. També impliquen altres agents de la societat, la qual cosa afavoreix ponts de transferència de coneixement entre el centre i els agents externs que hi participen. El projecte es caracteritza per:

- Un programa de formació docent dissenyat amb cura i provat en diversos països i cultures.
- La integració completa del projecte en els plans d'estudi dels centres, incidint especialment en la connexió de les disciplines STEM (ciències, tecnologia, enginyeria i matemàtiques).
- Un conjunt d'activitats dissenyades per als alumnes i guies per als professors, que permet els estudiants participar en projectes d'investigació científica i projectes d'enginyeria d'avantguarda.
- Unes eines de programari per a la modelització i simulació científica, i equips per a la realització d'experiments.
- Un programa d'investigació plenament desenvolupat, que defineix les mètriques d'aprenentatge i d'impacte relacionades amb la fabricació digital i els entorns basats en l'aprenentatge basat en projectes.
- El baix cost d'implementació, ja que s'incentiva l'ús intensiu de materials reutilitzats. (*FabLab@school: de la idea al producte*, 2014)

FabLearnLabs

Aquesta iniciativa impulsada per la Universitat de Stanford i Paulo Blinkstein el 2010 és continuista del FabLab@School. Pretén estudiar els impactes dels FabLabs a l'aprenentatge; la seva missió és facilitar l'intercanvi de millors pràctiques i aprenentatges entre professionals de l'educació implicats en l'educació a FabLabs. La investigació s'articula a través d'una sèrie de col·laboradors (FabLearnFellows) amb un gran recorregut en l'àmbit educatiu i pedagògic, que desenvolupen programes d'aprenentatge que utilitzen els FabLabs com a part integral de l'aprenentatge. Un d'aquests programes és el que du a terme Susanna Tesconi al projecte Aulalab a Astúries. (García Saez, 2016)

Aulab - LABoral

Es tracta d'un programa dut a terme en Astúries per Susanna Tesconi en col·laboració amb LABoral. És el primer programa de Fabricació digital per a contextos d'educació formal dut a terme a Espanya. En aquest programa s'ofereix el FabLab com un recurs didàctic per a escoles. Les escoles s'acosten al FabLab per veure com poden complementar els seus ensenyaments mitjançant l'ús dels equipaments disponibles. És per tant un programa per a escoles locals que ofereixen part del seu currículum d'educació formal fora dels propis centres. Al programa es convida els professors, no necessàriament professors de tecnologia, a apropiarse de l'espai i generar materials didàctics propis per complementar les seves assignatures. Lògicament se'ls acompanya en el procés. Els professors han d'implementar els materials didàctics generats a les seves assignatures. El programa està, per tant, orientat tant a professors com a estudiants, ja que tots han de comprendre com poden utilitzar un FabLab com espai facilitador de l'aprenentatge. (García Saez, 2016)

FabEd

FabLabEd és una iniciativa llançada el 2009 de forma conjunta per la Fab Foundation i el TIES (Teaching Institute of Excellence in STEM) de Cleveland. Aquesta iniciativa busca incorporar els FabLabs dins del currículum educatiu. Elaboren una sèrie de continguts específics que permetin utilitzar la fabricació digital com a vehicle per a l'ensenyament STEM. Per als seus promotors, els avantatges competitiu del seu programa respecte d'altres similars són: l'adequació dels continguts als estàndards nacionals i estatals; l'ensenyament transversal per als diferents professors relacionats amb la ciència, tecnologia, enginyeria i matemàtiques; i finalment la possibilitat de connectar cadascuna d'aquestes escoles i instituts amb la resta d'espais de la xarxa FabLab. El primer fruit d'aquesta col·laboració és el disseny i llançament de l'institut MC2S-TEM a Cleveland (Ohio). En l'actualitat estan tractant de treballar amb altres escoles i instituts dels Estats Units en les següents línies: disseny i instal·lació de FabLabs a les escoles, desenvolupament i adaptació del currículum educatiu, formació de professors i fab managers locals. (García Saez, 2016)

Iniciatives dels Ateneus de Fabricació relacionades amb l'educació

Programa Pedagògic dels Ateneus de Fabricació

Tal com s'ha exposat a l'apartat 3.5.2 els ateneus de fabricació tenen iniciatives relacionades amb l'educació; això queda reflectit al Programa Pedagògic que han desenvolupat conjuntament amb el Consorci d'Educació de Barcelona. Està dirigit a la comunitat educativa en general: alumnat, professorat i centres educatius (primària, secundària i formació professional i escoles d'art i disseny), alumnat i professorat de les Facultats de Pedagogia i Ciències de l'Educació, i altres professionals de l'educació (inspecció, serveis educatius, tècnics d'educació, etc.) (Fabricació, 2015)

Els seus objectius principals són:

- Reduir l'escletxa digital entre els col·lectius.
- Aconseguir entendre i utilitzar la fabricació digital com un recurs d'aprenentatge d'alta intensitat.
- Fomentar i despertar les vocacions científicotècniques.
- Donar a conèixer noves professions professionals vinculades a l'avantguarda tecnològica.
- Avançar en la definició i assoliment de competències tecnològiques.
- Ensenyar i aprendre sobre disseny i fabricació digital.
- Conèixer i entendre els canvis socials que implica un món amb fabricació digital.

Les activitats que es proposen als ateneus dins d'aquest programa són:

- Presentacions i visites per a centres educatius, professorat, comunitat escolar, professionals de l'àmbit educatiu.
- Tallers de disseny i fabricació.
- Projectes de centre.
- Acompanyament a projectes i treballs de recerca.
- Tallers i cursos de formació per al professorat.
- Creació de materials didàctics.

Iniciatives d'altres espais de fabricació digital relacionades amb l'educació

FabLabSchool

Aquesta iniciativa no té res a veure amb la de FabLab@School; la gran diferència és que no proposa crear FabLabs als centres sinó fer servir un FabLab extern.

És una iniciativa promoguda pel BDN Lab de Badalona. Promouen la comunicació bidireccional entre els centres educatius i el FabLab. El professorat que vol complir uns objectius curriculars, de qualsevol àrea, i desitja implementar la tecnologia de fabricació digital com a plataforma d'aprenentatge, es posa en contacte amb el FabLab. L'equip tècnic i formatiu del FabLab fa propostes didàctiques que impliquin l'ús d'una o diverses tecnologies que facilitin l'adquisició dels coneixements requerits. D'aquesta manera, els estudiants assimilen els coneixements demandats i la capacitat tecnològica. No és necessari que el docent sigui expert o tingui amplis coneixements tecnològics, d'això s'encarrega el FabLab, sinó tan sols comprendre el potencial dels dispositius i indicar els objectius curriculars i competències que han de ser adquirides per l'alumnat.

La seva missió és millorar els resultats de l'ensenyament-aprenentatge en les àrees STEAM modificant la metodologia. Per poder aconseguir-ho, els especialistes en fabricació digital guien i ajuden els docents a integrar la tecnologia en el currículum educatiu de totes les àrees.

El seu model educatiu es basa a facilitar i impulsar l'Aprenentatge Basat en Projectes i en Reptes. (*FAB LAB SCHOOL*, s. d.)

eCraft2Learn

És un projecte finançat per la UE (Horizon 2020) centrat en la investigació, el disseny, el pilotatge i la validació d'un ecosistema basat en la fabricació digital per crear artefactes amb el suport d'ordinadors. El seu objectiu és reforçar l'aprenentatge i l'ensenyament personalitzats en l'educació STEAM i ajudar al desenvolupament d'habilitats del segle XXI que promoguin la inclusió i l'ocupabilitat dels joves de la UE.

Consisteix en una sèrie de documentació, eines i recursos completament accessibles per a tots els educadors i estudiants que vulguin posar en marxa, executar i participar en projectes educatius basats en STEAM, el moviment Maker i la fabricació digital. I que volen aprendre fent, en un entorn atractiu i promovent la creativitat. (*eCraft2Learn*, s.d.)

4.2 Anàlisi d'estudis i investigacions de la implementació de la fabricació digital a l'educació.

He fet una recerca i llegit molts articles relacionats amb estudis, investigacions i experiments on s'ha posat en pràctica l'ús del FabLabs i la fabricació digital en entorns educatius, he hagut de fer una selecció, doncs aquest tema podria donar lloc, per si sol, a un treball molt més extens del què permet l'abast d'aquest treball.

Paulo Blikstein (Blikstein, 2014) al 2009 va dur a terme 4 Workshops prototípics per estudiar els avantatges i inconvenients dels FabLabs a les escoles. En aquests Workshops van participar alumnes i professors de diversos nivells educatius. Les conclusions van ser:

(a) Les màquines de fabricació digital poden generar productes estèticament agradables amb poc esforç; els projectes massa senzills ofereixen una recompensa molt gran per molt poc esforç i no inclouen càlculs ni reptes constructius complexos. Per tant el professorat ha d'evitar establir projectes massa senzills i ha d'impulsar els estudiants cap a esforços més complexos.

(b) Els FabLabs proporcionen als estudiants un espai per experimentar i on viure un procés complex similar al que passen els dissenyadors professionals i que sovint s'experimenta entre frustració i fracàs i que permet dinàmiques per gestionar la frustració i l'emoció i per motivar la superació de problemes.

(c) Els FabLabs són espais on es fomenten l'aprenentatge contextualitzat en STEAM i els projectes interdisciplinaris. Tot i que els estudiants treballen en un projecte amb una temàtica d'una matèria no científicotecnològica, la realització d'un projecte físic comportarà sempre alguna feina d'enginyeria; sempre han de fer servir temes de matemàtiques (mesura, escala, proporció...), física, etc. Als projectes realitzats als laboratoris de fabricació digital no existeix un límit real entre disciplines.

(d) Els laboratoris de fabricació digital generen espais que afavoreixen múltiples formes de treballar gràcies a la mal·leabilitat dels equips i de l'espai pedagògic

Smith, Iversen i Hjorth (Smith, Iversen, & Hjorth, 2015), l'any 2014, van investigar el potencial de la fabricació digital a l'educació primària i secundària de Dinamarca. En particular, van estudiar els processos creatius dels estudiants quan es fa ús de la fabricació digital i van experimentar en dos centres escolars que havien implementat un FabLab i on els professors i els mateixos estudiants no estaven familiaritzats amb les tecnologies de fabricació digital.

Primer van realitzar diferents projectes amb fabricació digital i van observar que:

- Els estudiants tenien dificultats per conceptualitzar un procés de fabricació digital a causa de la manca d'un marc general per estructurar i guiar les seves tasques.
- Els estudiants tenien dificultats en el procés de fabricació digital. Els temps limitats i l'estructuració de les activitats sovint van donar lloc a solucions i finalitzacions simplistes. Com a conseqüència, va resultar tediós comprometre's més profundament amb el seu repte d'obtenir un sentit de qualitat del seu treball.
- Els estudiants no tenen experiència en la creació i la negociació col·laborativa. Els va resultar difícil comunicar-se i negociar les seves idees.
- Els estudiants tenen manca de compromís dinàmic amb diversos materials digitals i analògics la qual cosa va fer que les idees, els esbossos i els productes dels estudiants no tinguessin desenvolupament.
- Els estudiants no tenen una comprensió de l'argumentació envers la fabricació digital.

A continuació van desenvolupar un segon experiment on posaven èmfasi en tot el procés de disseny. Aquest procés de disseny contenia cinc activitats principals: (1) breu disseny, (2) estudis de camp, (3) ideació, (4) fabricació i (5) reflexió.

Es va demostrar que en incorporar elements de “Design thinking” als processos de la fabricació digital es millora la comprensió del procés de disseny i dels resultats.

Van concloure que integrar la fabricació digital en contextos educatius formals no és un procés senzill, però que aplicar el “Design thinking”, adaptat als entorns educatius, és una bona solució i que per introduir la fabricació digital a l'educació, s'han de contextualitzar i estructurar els processos, desenvolupar les habilitats i el llenguatge dels estudiants i participar activament en un enfocament integral del disseny.

McKay i Peppler (McKay & Peppler, 2013) van detectar que moltes escoles tenen dificultats per incorporar un FabLab a les seves instal·lacions, ja que els FabLabs s'han d'ubicar en espais preexistents, espais que s'han de reconfigurar, o bé s'han de construir en espais nous i no totes les escoles disposen del finançament per reformar un espai preexistent o per construir-ne un de nou.

Per donar solució a aquest problema van dissenyar un FabLab mòbil, al qual van anomenar "MakerCart". Es tracta d'un carret que alberga un tallador làser, un tallador de vinil i una impressora 3D (eines que constitueixen la columna vertebral d'un FabLab), i que té una unitat d'emmagatzematge penjada al seu lateral on s'emmagatzemen una màquina de cosir CNC, bobines de filaments, estacions de soldadura i diverses eines manuals. El MakerCart no només solucionava el problema que havien detectat sinó que, moure les eines lliurement a l'escola, permetia un major grau d'exposició i interacció del FabLab, tant al propi centre educatiu com a la comunitat en general.

Paral·lelament McKay i Peppler, van desenvolupar un conjunt de projectes pilot, a partir dels seus treballs anteriors duts a terme en espais d'aprenentatge informals. Un dels objectius d'aquests projectes era fer participar els nens en processos reflexius i orientant-los cap al desenvolupament d'hàbits mentals d'estudi. Un altre era introduir el treball per projectes amb eines i processos de fabricació digital als entorns escolars, desenvolupant sistemes que ajudessin els professors a incorporar les eines i processos dels FabLabs a la seva cultura educativa preexistent mitjançant mètodes d'estratègies col·laboratives de documentació compartida.

Van implementar un MakerCart i aquest projecte pilot en una escola.

Les seves conclusions un cop acabada la implementació van ser:

- Incloure els professors en el procés d'aprenentatge és molt important, ja que han de ser els mentors que mostrin a altres professors l'ús de les eines Fab Lab.
- El MakerCart millora la integració de FabLabs al marc de formació i al marc curricular de les escoles.
- El MakerCart proporciona una plataforma de FabLab que és potencialment beneficiosa, ja que pot treballar tant per a l'escola com per a la comunitat, alhora que exposa elements com la cultura Maker, el DIY i les eines del FabLab.

Alicia Stansell i Tandra Tyler-Wood (Stansell & Tyler-Wood, 2016) el 2016 van publicar un article sobre un estudi realitzat al nivell de secundària que comparava les diferències d'assoliment de les competències en ciències i matemàtiques, amb l'ús i el no ús de la fabricació digital (Impressores 3D), en un entorn d'aprenentatge basat en projectes STEM. Hi van participar 99 estudiants separats en dos grups. Tots els estudiants van experimentar un entorn d'aprenentatge basat en projectes STEM on havien d'utilitzar els càlculs i mesures matemàtiques exactes, el raonament científic en els seus dissenys i la tecnologia per convertir els seus pensaments en una veritable solució d'enginyeria. 49 dels alumnes van fer servir fabricació digital per crear la seva solució final del projecte i 50 no. Tots van fer un test previ i un test posterior amb proves de selecció múltiple; aquests tests eren de preguntes de ciències i matemàtiques. Els resultats mostraven que en ciències no hi va haver canvis significatius. Però, en matemàtiques les mitjanes del grup que havia fet servir d'impressió 3D van augmentar, mentre que les del grup que no va utilitzar la impressora 3D van disminuir. Els resultats de l'estudi donen per tant suport al fet que l'ús de la fabricació digital i la impressió 3D augmenta l'assoliment de les competències matemàtiques. Possiblement l'acte de pensar a

través de mesures geomètriques en forma digital i una millor comprensió del significat dels números, per crear un producte real, fomenta el pensament i el raonament matemàtic. S'haurien de dur a terme més investigacions per determinar els components específics de la fabricació digital que donen suport a la consecució de les matemàtiques. Abans d'iniciar una investigació amb fabricació digital a l'aula, és important tenir en compte els factors individuals que donen suport a projectes d'impressió 3D exitosos, com ara preocupacions pressupostàries, aplicacions a l'aula, consideracions tecnològiques, aspectes de seguretat i dissenys en 3D.

4.3 Què ofereixen els espais de fabricació digital als centres educatius?

Els espais de fabricació digital ofereixen una barreja d'eines, mètodes/metodologies/models pedagògics i tecnologia per fer més atractiu l'aprenentatge. Si bé és cert que la implementació dels FabLabs als centres educatius encara és una cosa relativament recent, que encara queda molt per investigar i que no se sap realment quin és el seu impacte. Els experts creuen que el FabLabs poden aportar moltes coses positives als centres educatius. També ens adverteixen de l'existència d'alguns inconvenients. A continuació exposo alguns dels avantatges i inconvenients dels FabLabs a l'educació i alguns dels mètodes/metodologies/models pedagògics que són adients a aquests espais i al moviment Maker que els acompanya.

4.3.1 Avantatges i inconvenients dels espais de fabricació digital als centres educatius.

Avantatges

- Afavoreixen múltiples formes de treballar.
- Són compatibles amb moltes metodologies didàctiques.
- Les eines de fabricació digital són un potent mitjà per a la construcció de coneixement. Proporcionen noves maneres d'interactuar amb materials físics i ofereixen noves oportunitats d'aprenentatge.
- Són espais on es poden dur a terme activitats divertides i lúdiques que siguin motivadores i despertin la curiositat dels alumnes. Les eines de fabricació digital permeten produir objectes amb un nivell relativament alt d'acabat i complexitat, pràcticament des de començar a fer-les servir. Això permet que els estudiants estiguin orgullosos de treballar amb eines controlades per ordinador, ja que poden fer que els productes "reals" estiguin bé. A més a més permeten fabricar diversos articles idèntics o gairebé idèntics de forma fàcil i ràpida. Els fitxers de disseny digital es poden compartir permetent que qualsevol es descarregui dissenys acabats o dissenys que es poden modificar.
- Aquests espais combinats amb elements de "Design thinking" milloren la comprensió del procés de disseny i dels resultats.

Als Fablabs gràcies a l'ús de la fabricació digital s'afavoreix l'assoliment de diferents habilitats:

Habilitats digitals

- Afavoreixen l'adquisició de les competències digitals, la fabricació digital proporciona als estudiants una comprensió sostinguda de la tecnologia digital i dona suport a la competència digital profunda, és a dir, la capacitat de crear artefactes significatius, físics o digitals, a través de l'ús creatiu de les eines tecnològiques.

Habilitats socials

- Afavoreixen el projectes a llarg termini, fomenten el treball col·laboratiu i potencien el sentiment de comunitat. En aquests espais es fomenta treballar col·lectivament per construir i compartir nous coneixements, intercanviar idees i projectes i donar suport als altres en els seus processos de creació, la qual cosa fa que els alumnes se sentin connectats.

- Són espais inclusius, permeten involucrar persones amb un ampli ventall d'edats i coneixements, afavorint el treball en equips heterogenis i millorant la gestió de la diversitat. I també ajuden els joves a integrar els seus interessos en un suport social robust.
- Permeten l'aprenentatge entre parells, serveixen com a espais d'aprenentatge entre iguals. Es formen grups de treball amb una temàtica comuna on tots participen del procés de creació i aprenentatge. Cadascú va creant el seu propi model mental del problema tractat i a l'hora va teixint les xarxes personals que li permeten créixer i abastar nous reptes.
- Permeten formes d'aprenentatge impulsades per un feedback recursiu. Crear coses, veure com es realitzen i compartir-les amb els altres afavoreix aprendre de les accions de les seves creacions.
- Afavoreixen la vinculació del centre amb l'entorn i els agents externs.

Habilitats personals

- Permeten dinàmiques de gestió de la frustració i el fracàs, atribuint-li el valor positiu a l'hora d'activar nous processos d'aprenentatge. Sota el lema "Failing is the new winning" transforma l'estigma social del fracàs en un valor positiu de l'experiència creativa. Els errors, petits i grans, poden impulsar l'aprenentatge, ja que treuen a les persones fora de les rutines i en un mode reflexiu que els pot preparar per aprendre més.
- Afavoreixen l'experimentació, que condueix al desenvolupament del coneixement conceptual i fomenta l'adaptabilitat davant els reptes. Provoquen una mentalitat de creixement, on, amb esforç i recursos, tothom pot aprendre les habilitats necessàries per completar qualsevol projecte que pugui imaginar.
- Poden ajudar a fomentar l'autonomia, aprendre a aprendre, dels alumnes i al control dels seus esforços, donen suport a la implicació i persistència, desenvolupen la identitat i el creixement de l'enginy.
- Fomenten la resolució de problemes. Preparen als estudiants per a la vida, dotant-los de competències i habilitats diverses amb què fer front a problemes de la vida real.

Altres habilitats

- Fomenten l'aprenentatge contextualitzat en STEAM. Són per tant espais on, degut als processos de fabricació digital, els estudiants consideren el mesurament, el raonament geomètric, els principis científics, la creativitat artística i l'ús de tecnologia per dur a terme els seus projectes. A més a més afavoreixen els projectes interdisciplinaris.
- Augmenten l'assoliment de les competències matemàtiques.
- Contribueixen a la construcció d'un enfocament al voltant dels processos assoliment de competències tecnològiques més participatiu, interdisciplinari i crític, creant camins experiencials i significatius pels estudiants.
- Fomenten la creativitat, l'esperit artístic i l'explotació de l'enginy a través de l'ús de tecnologies i el seu model d'aprenentatge.

Inconvenients

Lamentablement la majoria de les implementacions dels FabLabs als centres educatius, es basen en la idea de formar "bons usuaris", sense fomentar una actitud crítica i creativa cap a la tecnologia existent, preservant estils d'ensenyament instructius. (Tesconi, 2015)

En la mateixa línia Martin Lee (Martin, 2015) ens adverteix que la incorporació dels espais de fabricació digital i el moviment Maker que els acompanya té un clar perill, que la seva incorporació se centri en les eines, no s'ha de descuidar els elements crítics de la comunitat i la mentalitat. S'ha de resistir activament a la tendència a simplificar massa. El professorat ha

d'evitar establir projectes massa senzills i ha d'impulsar els estudiants cap a esforços més complexos.

Un altre inconvenient és que el professor es converteixi en un líder en lloc d'en un acompanyant.

Si no hi ha un bon acompanyament educatiu i emocional, pot ser que no se superin actituds negatives cap a l'ús de la tecnologia i que es desmotivi a l'alumnat en lloc de motivar.

Pot ocórrer que es creïn dinàmiques individualistes en lloc de coneixement i dinàmiques compartides.

4.3.2 Mètodes/metodologies/models pedagògics adients als espais de fabricació digital i el moviment Maker que els acompanya.

Els Fablabs van lligats al "Do it your self" (DIY) i al moviment Maker. En els darrers temps ha sorgit el terme "Do It With Others" (DIWO), per designar els processos relacionats amb estratègies DIY però aplicades a contextos grupals.

Els Fablabs fomenten un tipus d'aprenentatge centrat en la creació pròpia i original de diversos productes, de tal forma que es fomenta l'adquisició de coneixements de caràcter experiencial i competencial. Són espais que afavoreixen distints models d'aprenentatge.

Per exemple Laura Fleming, enquadra l'aprenentatge relacionat amb els espais de fabricació digital i el moviment Maker en un aprenentatge de tipus constructivista, amb pinzellades connectivistes.

Altres autors diuen que els aprenentatges lligats a aquests espais es basen en tres pilars pedagògics: l'educació experiencial, el construccionisme i la pedagogia crítica.

I d'altres que els FabLabs permeten fer servir models pedagògics basats en l'aprenentatge experiencial, l'aprenentatge per descobriment i l'aprenentatge generatiu.

A continuació exposo alguns dels mètodes/metodologies que es podrien fer servir als FabLabs que s'incorporin als centres educatius:

- L'aprenentatge basat en projectes, especialment al voltant de disciplines STEAM.

És un mètode de treball globalitzador que pretén tornar el protagonisme a l'alumnat, fent-lo responsable del seu propi aprenentatge.

- L'aprenentatge STEAM.

És un nou model d'innovació pedagògica i metodològica que vol donar als nois i noies l'oportunitat d'identificar problemes reals, per trobar solucions realistes i acompanyar i conduir el seu propi procés d'aprenentatge. Aquest nou model utilitza paràmetres com la creativitat, el foment de la curiositat, l'anàlisi personalitzada, l'intercanvi d'idees, el treball en equip i el mètode assaig-error.

- L'aprenentatge basat en objectes.

És un mètode d'aprenentatge actiu. Els objectes ofereixen una experiència tàctil per als estudiants, que els repta a interrogar l'objecte i conceptualitzar el seu pensament. Representa un enfocament constructivista social en el qual els estudiants desenvolupen el seu coneixement i comprensió a través de la interacció amb objectes basats en una comprensió prèvia permetent a l'estudiant explorar idees, processos i esdeveniments relacionats amb l'objecte i vincular aquestes observacions amb idees i conceptes abstractes complexos.

-L'aprenentatge basat en problemes.

És una metodologia centrada en l'aprenentatge, en la recerca i reflexió que segueixen els alumnes per arribar a una solució davant un problema plantejat pel professor i fins i tot pels mateixos alumnes.

-El procés tecnològic.

Mètode de resolució de problemes que és comú a qualsevol activitat tecnològica. Podem entendre'l com una sèrie lògica de passos que, a partir d'un requeriment donat, condueixen a l'obtenció d'una solució que el satisfaci.

- Aprenentatge basat en reptes.

És una metodologia basada en la resolució de reptes reals per part dels alumnes mitjançant el desenvolupament en equip de propostes originals amb valor, tot en col·laboració amb els docents i els experts en els àmbits a tractar. Es basa en un aprenentatge vivencial, que consisteix a aprendre mitjançant l'acció.

- Aprenentatge per indagació.

L'aprenentatge per indagació és una metodologia d'ensenyament-aprenentatge a través de la qual els estudiants han de trobar solucions a una situació problema a partir d'un procés de recerca. Aquesta metodologia se centra en l'afrontament de problemes i en el treball cooperatiu per part de l'estudiant.

- Metodologia àgil.

És un mètode d'ensenyament pràctic basat en el treball en equip, el diàleg, l'argumentació i el pensament crític per aprendre, resoldre problemes i ampliar coneixement. És un mètode que aposta per la creativitat, la prova, l'adaptació, la reflexió i la millora contínua com a sistema d'aprenentatge.

- Mètode EUREKA.

El mètode EUREKA neix de la combinació de les quatre fases del mètode científic (observació, hipòtesis, experimentació i aprenentatge) amb dues fases addicionals inspirades en l'àgora grega: una d'autoconeixement i l'altra de treball en equip, essencials perquè aporten molt a la identitat i al creixement de cada alumne.

EUREKA=

E = EXPLORA i coneix el teu entorn, observa'l amb esperit crític i identifica els aspectes a millorar.

U = UTILITZA les teves habilitats i competències, coneix els teus gustos i qualitats personals.

R = RAONA, imagina i genera noves idees mitjançant tècniques de creativitat i ordena-les aplicant-hi la lògica.

E = EXPERIMENTA i posa a prova les teves idees creatives amb l'ajuda dels teus companys i companyes.

K = COMUNICA I COL-LABORA amb l'equip per enriquir el teu projecte amb nous punts de vista.

A = APRÈN de la teva experiència per resoldre els problemes autònomament.

5. Justificació de la implementació tallers de fabricació digital als centres de Secundària i Batxillerat

Com es pot llegir a l'informe *El Futur de treballs del Fòrum Econòmic Mundial de l'any 2016* (World Economic Forum, 2016) al voltant del 65% dels nens que actualment entren a l'escola primària acabaran tenint una feina que no existeix actualment. Al mateix informe s'assenyala quines competències bàsiques dotaran a les persones la flexibilitat per adaptar-se als canvis del mercat laboral del segle XXI: la resolució de problemes complexos, el pensament crític, la creativitat, la col·laboració i l'alfabetització digital (possessió de competències digitals i la comprensió de què fer amb elles). Per tant les escoles haurien de formar els seus alumnes en les habilitats que seran essencials en el futur, especialment les relacionades amb la ciència, la tecnologia, l'enginyeria i les matemàtiques (STEM) i les relacionades amb el pensament crític, la innovació i ciència de l'organització. Al document tècnic *Reconèixer el potencial humà en la quarta revolució industrial de l'any 2017 del Fòrum Econòmic Mundial* (World Economic Forum, 2017), s'assenyala que les institucions educatives han de donar importància a les connexions interdisciplinàries. També es remarca que l'educació hauria de dotar els estudiants d'una comprensió profunda sobre com aplicar i innovar amb la tecnologia per tal de tenir un paper actiu en modelar les eines del futur. És fonamental assegurar-se que els currículums es mantinguin actualitzats i els professors tinguin oportunitats regulars per actualitzar les seves pròpies habilitats i coneixements.

A Catalunya amb el *DECRET 187/2015, de 25 d'agost, d'ordenació dels ensenyaments de l'educació secundària obligatòria* (Departament d'Ensenyament de la Generalitat de Catalunya, 2015) ja es va fer un pas en aquest sentit, plantejant un currículum competencial. Amb la finalitat i l'objectiu de contribuir que els alumnes desenvolupin unes habilitats i unes competències que els permetin, entre altres coses:

- Desenvolupar-se personalment i socialment, amb autonomia personal, amb interdependència amb altres persones i amb gestió de l'afectivitat.
- Desenvolupar el treball i l'estudi, individual i cooperatiu, amb autonomia i capacitat crítica.
- Desenvolupar la seva sensibilitat artística i la seva creativitat, comprenent els llenguatges de les diferents manifestacions artístiques i utilitzant diversos mitjans d'expressió i representació.
- Desenvolupar-se en les competències matemàtiques i les competències necessàries per a l'ús de les noves tecnologies.
- Conèixer i aplicar els mètodes de la ciència per identificar els problemes propis de cada àmbit per a la seva resolució i presa de decisions.
- Desenvolupar la capacitat de resoldre problemes de la vida quotidiana.
- Desenvolupar un esperit emprenedor, la confiança en si mateixos, el sentit crític, la iniciativa personal, la capacitat per aprendre a aprendre, planificar, prendre decisions i assumir responsabilitats.
- Desenvolupar la competència Digital.

En la mateixa línia l'any ja en 2009, el Consell Europeu va aprovar el *marc estratègic Educació i Formació 2020 (ET2020)* (Europea, 2009) on es van marcar uns objectius educatius europeus a assolir el 2020. Un d'aquests objectius era que el percentatge d'alumnat amb un nivell baix de competència en comprensió lectora, matemàtiques i ciències havia de ser igual o inferior al 15% del total de la població escolar que acaba l'educació secundària obligatòria. El departament d'ensenyament de la Generalitat de Catalunya el 2012 ja s'havia pronunciat en la mateixa línia amb el *Pla per a la reducció del fracàs escolar a Catalunya 2012-2018* (Departament d'Ensenyament Generalitat de Catalunya, 2012), on s'establí l'objectiu de reduir per sota del 15% el percentatge d'alumnat situat al nivell baix d'assoliment de les competències avaluades en la prova d'avaluació anual de quart d'ESO i de sisè d'educació primària.

L'informe *Pisa del 2015* (Ministerio de Educación Cultura y Deporte, 2016) mostrava que Catalunya superava la mitjana d'Espanya i de l'OCDE en les tres competències avaluades, però aquestes no es situaven per sota del 15%.

Taula 1. Percentatge d'alumnat situat en el nivell baix d'assoliment de la competència a PISA 2015

| | Catalunya | Espanya | OCDE | ET2020 |
|------------------------|-----------|---------|------|--------|
| Competència lectora | 15,4 | 16,2 | 20,1 | 15,0 |
| Competència matemàtica | 17,7 | 22,2 | 23,2 | 15,0 |
| Competència científica | 15,7 | 18,3 | 21,2 | 15,0 |

Els resultats de les proves de competències bàsiques de secundària del 2018 (Mateo, 2015) revelen que a totes les competències avaluades, s'assoleix la fita de situar per sota del 15% el percentatge d'alumnat amb nivell baix d'assoliment, amb l'excepció d'en la competència científicotecnològica, que supera la xifra només per dues dècimes (15,2%).

Així i tot també es pot observar que els resultats de les competències científicotecnològica i matemàtiques encara estan per sota dels punts bàsics necessaris (70 punts) per obtenir la competència.

EVOLUCIÓ DE LES PUNTUACIONS A LES COMPETÈNCIES BÀSIQUES

Puntuació mitjana sobre 100. En **vermell** la puntuació de 70, que són els punts bàsics per obtenir la competència

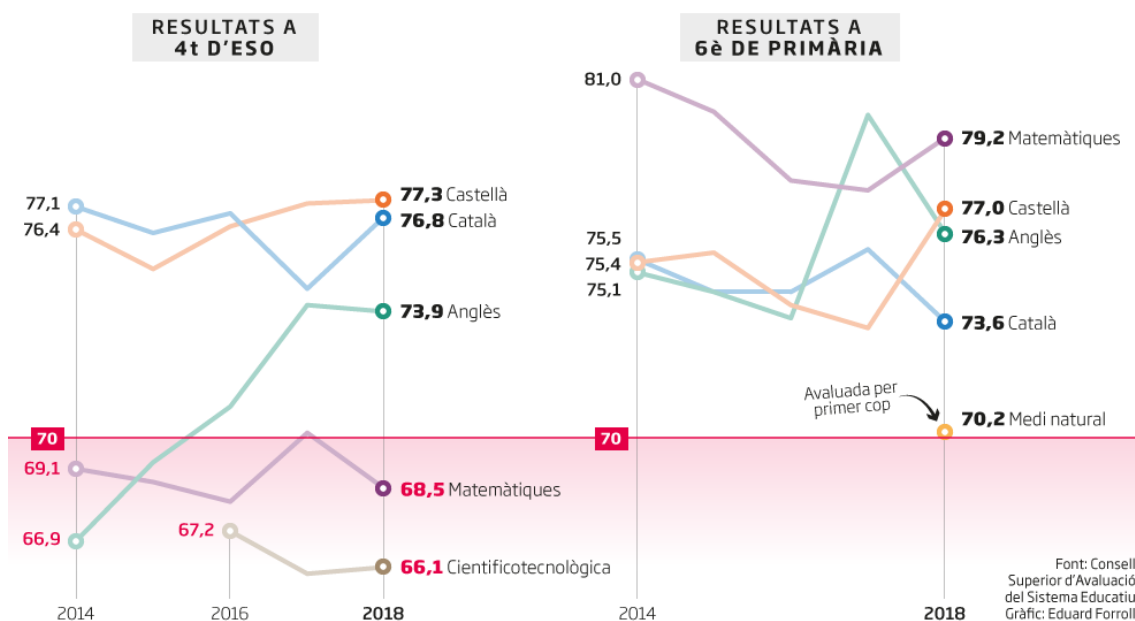


Figura 7. Evolució de les puntuacions a les competències bàsiques

Si es té en compte tot el descrit a l'apartat 4.3 (i els seus subapartats) d'aquest treball, i les recomanacions, consideracions i indicadors de distintes institucions que acabo de descriure, queda clara la justificació de la implementació dels tallers de fabricació digital als centres de Secundària i Batxillerat.

6. Com implementem un FabLab a un centre de Secundària i Batxillerat?

Tot i que hi ha una línia estàndard d'organització i necessitats tècniques pels FabLabs fora dels centres educatius, no hi ha un únic model que respongui a les necessitats específiques de cada centre educatiu. Cada centre de Secundària i Batxillerat té les seves particularitats i són molts els factors que influeixen (pressupost, espai de què es disposa, tipus de projectes que es volen realitzar, quantitat d'alumnes, si es vol obrir els agents exteriors, etc.) Per tant cada centre haurà d'adaptar el FabLab al seu propi context.

Entitats com els ateneus de fabricació o el BDN Lab ofereixen programes per assessorar en la configuració d'aquests espais als centres educatius.

Als següents subapartats exposaré els principals elements que s'han de tenir en consideració a l'hora de crear un FabLab per un centre de secundària i Batxillerat.

6.1 L'espai

S'haurà de re-configurar un espai preexistent, o bé se n'haurà de construir un de nou.

El tipus d'activitats i la maquinària que es farà servir és un element important a l'hora de dissenyar la configuració de l'espai.

Normalment es recomana diferenciar dues zones. Una en la que es situen les màquines i una altra de treball, sigui amb ordinadors o per a treballs manuals.

L'espai ha de disposar d'endolls i xarxa Wifi. Si es vol disposar d'una talladora làser l'opció més econòmica és disposar d'un sistema d'extracció de gasos cap a l'exterior.

Si no es disposa d'un espai (Aula) una bona opció seria un FabLab mòbil. A <https://www.minifablab.nl/makerkar-library-makercart-instructable-2/> trobem les instruccions per construir-ne un.

Exemple d'espai Fablab.

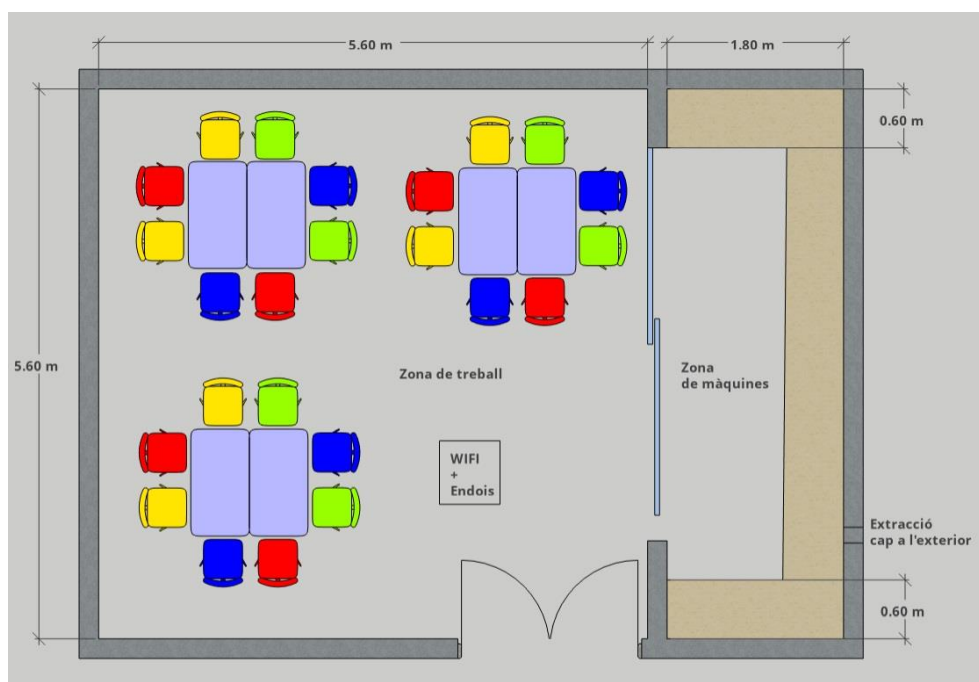


Figura 8. Exemple d'Espai FabLab per centre de secundària

6.2 Màquines

Com ja he comentat, són molts els factors a l'hora d'adquirir les màquines de fabricació digital. Cada centre haurà de triar les que necessiti, dintre de les seves possibilitats.

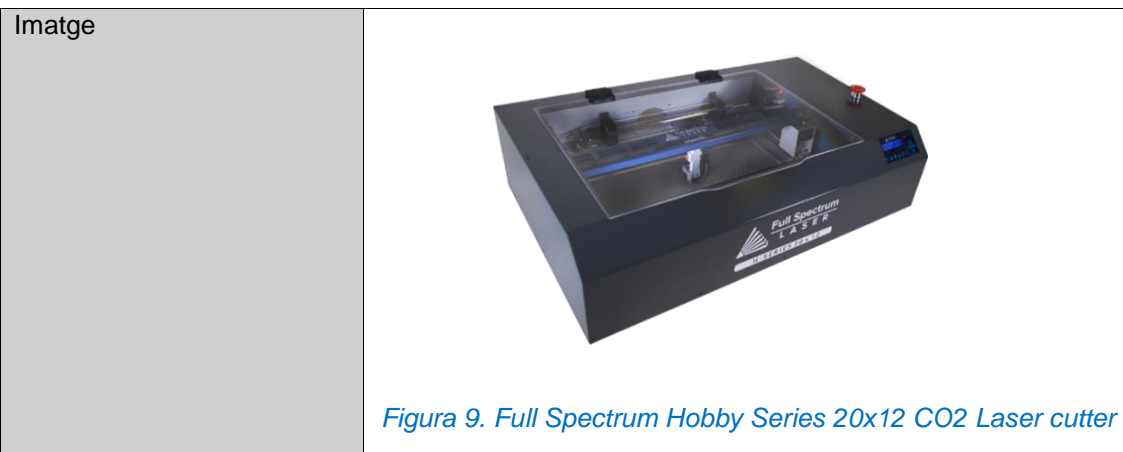
A continuació presento les que considero que podrien ser més interessants, tot i que existeixen una infinitat d'opcions.

6.2.1 Talladora làser

Al mercat podem trobar opcions econòmiques de màquines de tall làser que es poden incorporar al FabLab d'un centre educatiu. Solen ser màquines de sobre taula. La seva utilització comporta certs perills derivats del capçal làser i de l'emanació de gasos segons el material que es talla. Per tal de minimitzar el perill del capçal làser, són recomanables les màquines amb coberta. Per l'extracció de gasos es pot incorporar un filtre o posar un extractor cap a l'exterior.

Taula 2. Exemple de Talladora làser

| Quadre característiques | |
|-------------------------|---|
| Marca | Full Spectrum |
| Model | Hobby Series 20x12 CO2 Laser Cutter |
| Preu aproximat | 3150 € |
| Mida de la màquina | 812.8 x 508 x 209.55 mm |
| Materials | Talla materials com fusta, acrílic, cuir, teixit i molt més, fins a 6 mm de gruix. Grava i marca vidre, pedra, rajola |
| Esquelet | Armadura de metall sòlida. Amb Disseny de seguretat innovador per evitar lesions i danys a la màquina |
| Pla de treball | 508 mm x 305 mm |
| Potència del làser | 40-45KW |
| Tipus de motor | Motor pas a pas |
| Consum elèctric | 1000W |
| Connectivitat | Ethernet + USB Direct Print Drivers |
| Programari | Compatible amb CorelDraw, AutoCAD, Solidworks, Adobe Illustrator, PDF i MS Word |
| Extres | Connexió assistida per aire per buidar el fum al capçal del làser mentre el làser talla |





6.2.2 Plotter de tall

Existeixen molts models de distintes mesures; per a un centre de Secundària podríem triar entre models que tallen amplex de fins a 30 cm i models que tallen amplex de fins a 60 cm.

Taula 3. Comparativa entre Plotter ample de tall 30cm i Plotter ample de tall 60cm.

| Quadre comparatiu | | |
|---------------------|--|--|
| Ample de tall | 30 cm | 60 cm |
| Marca | Shilhouette | GCC |
| Model | Cameo 3 | Expert II 24 |
| Preu aproximat | 240 € | 595 € |
| Mida de la màquina | 572 x 152 x 216 mm | 880 x 233 x 255 mm |
| Materials | Pot tallar més de 100 materials: paper, cartolina, vinil, tela, etc. | Pot tallar més de 100 materials: paper, cartolina, vinil, tela, etc. |
| Profunditat de tall | 2 mm | 2.5 mm |
| Llargada de tall | Fins a 3m sense tapet de tall | Fins a 3m |
| Connectivitat | Bluetooth i 1 Port USB | Dos ports USB. |
| Programari | Silhouette Studio: Molt intuïtiu i gratuït i importarà fitxers .dxf des de qualsevol paquet 2D . Compatible amb Mac i Windows. | GreatCut: No gratuït però bé amb la màquina. Importarà fitxers .dxf des de CorelDRAW, CorelDesigner, Adobe Illustrator, Adobe InDesign, AutoCAD, Macromedia Freehand i Inkscape. Compatible exclusivament amb Windows. |

| | | |
|--------|--|---|
| Extres | Realitza tall, impressió i tall (combinat amb la impressora domèstica), esbossat, i puntejat amb bolígraf. Fulla auto ajustable | Fulla auto ajustable Auto calibrat |
| Imatge |  <p><i>Figura 10. Plotter de tall Shilhouette Cameo 3</i></p> |  <p><i>Figura 11. Plotter de tall GCC Expert II 24</i></p> |

6.2.3 Impressora 3D tipus FDM

Avui en dia existeixen infinitat d'impressores 3D amb preus més que accessibles.

Les impressores 3D tenen components perillosos (sobretot per les altes temperatures que arriben) que podrien provocar cremades. Existeixen impressores tancades i algunes inclouen una porta amb pestell de seguretat.



Hi ha molts tipus de filament per a impressores 3D, alguns d'ells produeixen fums tòxics durant l'extrusió. N'existeixen que funcionen exclusivament amb PLA (Àcid Polilàctic) que no produeix fum tòxic i és biodegradable.

Màquines amb calibratge automàtic o sistemes de detecció de final de filament, fan més senzill el seu maneig

A l'hora de triar impressores 3D pels centres educatius existeixen opinions disperses. Per una banda estan els que argumenten que s'han de prioritzar la seguretat i la senzillesa de maneig per davant del preu i altres prestacions. I per altra banda estan els que argumenten que s'han de prioritzar les impressores 3D DIY, que tenen millors preus i prestacions, i com s'han de muntar, el muntatge per si mateix, pot ser un bon recurs pedagògic.

Taula 4. Comparativa entre impressora 3D Segura + Fàcil maneig i impressora 3D DIY.

| Quadre comparatiu | | |
|---------------------|--|--------------------------|
| Tipologia | Segura + Fàcil maneig | DIY |
| Marca | Tiertime | Anet |
| Model | Up Mini 2 | A8 plus |
| Preu aproximat | 828 € | 220 € |
| Mida de la màquina | 365 x 255 x 385 mm | 612 x 462 x 573 mm |
| Seguretat | Porta de seguretat i un sistema de filtrat d'aire | No és tancada |
| Facilitat de maneig | Calibrat automàtic i sistema de detecció del filament i de la plataforma | No té calibrat automàtic |
| Mida del llit | 120 x 120 x 120 mm | 300 x 300 x 350 mm |

| | | |
|-------------------|--|--|
| Tipus de llit | Calent | Calent |
| Materials | PLA, ABS, Nylon, etc. | PLA, ABS, Nylon, etc. |
| Resolució de capa | Gruix de la capa entre 0,15 i 0,35 mm | Gruix de la capa entre 0,1 i 0,4 mm |
| Velocitat màxima | 100 mm /s | 120 mm/s |
| Extres | Pausa i represa automàtica de la impressió | No |
| Connectivitat | Wifi , Socket Ethernet i 2 ports USB | 1 USB i 1 Tarjeta TF |
| Programari | Programari propi compatible amb Windows, Mac Us, i també amb dispositius mòbils d'Apple. | Software Cura (Lliure). Compatible amb Windows i MAC |
| Imatge |  <p><i>Figura 12. Impressora Tiertime Up mini 2</i></p> |  <p><i>Figura 13. Impressora Anet A8 Plus</i></p> |

6.2.4 Exemple de pressupost per un espai amb extracció de gasos cap a l'exterior

- Talladora làser Full Spectrum Hobby Series 20x12 CO2.....3150 €
 - Plotter de tall GCC Expert II 24.....595 €
 - 2 X Impressora 3D Anet A8 Plus.....440 €
- TOTAL.....4185 €

6.3 Programari (Software)

A tots els processos de fabricació digital, primer s'ha de dibuixar o modificar la geometria de l'objecte o peça a fabricar. I posteriorment, s'ha de traduir aquesta geometria en ordres per a la màquina de fabricació digital. El programari CAM s'encarrega de traduir al llenguatge de les màquines; aquest llenguatge s'anomena G- Programming i utilitza fitxers tipus G- code.

Taula 5. Software per dibuixar o modificar la geometria de l'objecte o peça

| Quadre utilitats de diferents software de dibuix | | | | |
|--|---------|-----------------|-----------------|---------------|
| Software | Gratuït | Talladora làser | Plotter de tall | Impressora 3D |
| Adobe Illustrator | ✗ | ✓ | ✓ | ✗ |
| Inkscape | ✓ | ✓ | ✓ | ✗ |
| SketchUp | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| SolidWorks | ✗ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Autocad | ✗ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Corel Draw | ✗ | ✓ | ✓ | ✗ |
| Tinkercad | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |

Per a les escoles, pel fet que són gratuïts i més senzills d'aprendre, els més recomanables serien SketchUp i Tinkercad.

Per convertir els arxius de dibuix; impressió 3D (STL), tall làser i plotter de tall (DXF, AI, EPS); a arxius tipus G-code, es poden fer servir els següents programes:

- VisiCut (Talladora làser i Plotter de tall): És open-source i fàcil de fer servir.
- Cura (Impressores 3D): És open-source i fàcil de fer servir.(www.ultimaker.com)
- Slic3R (Impressores 3D): És open-source. (www.slic3r.org)

També podem trobar programes que permeten controlar si els arxius generats del que hem dibuixat o modificat no tenen cap error, si el tenen, permeten reparar-los i reorientar-los d'una forma molt senzilla. Per exemple, pels arxius 3D, el Net Fabb 6.0 (www.netfabb.com) és molt senzill de fer servir i és gratuït. El Net Fabb 6.0 també permet tallar i dividir les peces grans en peces més petites.

El modelatge dels objectes o peces es pot dibuixar de zero o també es poden modificar arxius existents a la xarxa. Aquests arxius són open-source i es poden trobar a diferents repositoris com poden ser:

- www.thingiverse.com
- www.oberary.com
- <https://www.troteclaser.com/es/tutoriales-ejemplos/muestras-de-laser/>

6.4 Formació del Professorat

Per tal de dur a terme projectes educatius en espais FabLabs el professorat ha de tenir una visió global sobre els processos de fabricació digital i adquirir un conjunt de nocions sobre el funcionament de les màquines, les tècniques, els materials, el software, les aplicacions, etc.

La formació en fabricació digital és un procés constant i continu. Tant les tecnologies com les estratègies d'acció van evolucionant contínuament. Per aquesta raó, en la implementació dels Fablabs als centres educatius es fa necessària una formació permanent basada en l'auto formació, la construcció col·lectiva de coneixement i l'accés a recursos tecnològics i educatius presencials o a distància. Els Ateneus de Fabricació i altres equipaments i iniciatives de fabricació digital anomenats a l'apartat 3.5 d'aquest treball ofereixen bons programes formatius.

6.5 Manteniment

El manteniment de les màquines de fabricació digital és un aspecte important, aquest tipus de màquines s'espantllen sovint, però normalment són problemes fàcils de reparar.

En un principi haurà d'haver-hi mínim un encarregat de manteniment, pot ser el cap de manteniment de tecnologia, o algun professor amb la formació necessària. A mesura que els professors coneguin l'ús i la utilització augmenti, més professors es podran fer càrrec.

Per determinades avaries haurà de venir un professional especialista.

7. Problemàtica actual

La implementació dels FabLabs als centres educatius és un fenomen en auge arran del món. Però a Catalunya encara trobem diversos factors que la dificulten.

Per una banda tenim el motiu econòmic, tot i que cada vegada el preu de les màquines de fabricació digital és més baix s'han d'afegir altres costos com els derivats de redissenyar espais existents o construir-ne de nous, per tant la inversió inicial és considerable. Aquest també és el motiu pel qual als centres educatius de Catalunya, de forma majoritària, s'està optant per incorporar sols impressores 3D tipus FDM i no FabLabs complets.

Per altra banda trobem la manca de formació per part del professorat. Com hem vist per tal d'aprofitar els espais de fabricació digital als centres educatius és indispensable disposar de professorat competent en la matèria. La formació a més a més ha de ser continuada a causa dels constants canvis que es produeixen. També cal recordar que aquests espais ofereixen molt més que les mateixes màquines i que cal evitar fer-ne un aprenentatge centrat exclusivament en aquestes.

Per últim està el manteniment, les màquines de fabricació digital requereixen un bon manteniment i de persones que s'encarreguin de fer-ho. Les persones encarregades també requereixen una formació prèvia.

8. Proposta pedagògica lligada amb el currículum de secundària

Al llarg d'aquest treball he parlat de les diferents possibilitats que ofereixen els FabLabs als centres de Secundària i Batxillerat. En aquest apartat presentaré un exemple de projecte que es podria dur a terme. Es tracta d'una proposta pedagògica on es vincula un procés de fabricació digital típic dels FabLab amb el currículum de secundària.

8.1 Contextualització i presentació de la proposta

La proposta pedagògica es podria implementar a qualsevol centre educatiu que disposi d'un FabLab a les seves instal·lacions. Com hem vist, actualment són pocs els centres de Secundària i Batxillerat de Catalunya que n'hagin implementat un. El que sí que s'està fent, i cada vegada més, és incorporar almenys un tipus de màquines de fabricació digital, en concret impressores 3D tipus FDM. És per això que he decidit presentar un exemple on es fa servir aquesta tipologia de fabricació digital, per tal que la seva implementació sigui adient a la major quantitat de centres possible. També cal recordar que existeixen iniciatives externes, com els Ateneus de Fabricació, que ofereixen els seus espais als centres educatius. Per tant el projecte també es podria implementar en centres que no disposin d'Impressores 3D, aquests centres hauran d'organitzar-se amb algun FabLab extern.

Per tant la proposta és un projecte pensat per qualsevol institut situat al territori de Catalunya on es vulgui apostar per la fabricació digital (impressió 3D), com a eina facilitadora de l'aprenentatge. És recomanable que es tracti d'un centre on ja es treballa per competències i amb projectes interdisciplinaris, projectes que involucrin distintes àrees. Lògicament caldrà que el professorat estigui format adequadament en processos de fabricació digital.

El "Projecte Cèl·lula" està planificat per ser implementat a 1r d'ESO. És un projecte interdisciplinari pensant des de la perspectiva STEAM. És a dir, engloba les àrees de Ciències, Tecnologia, Enginyeria, Art i Matemàtiques. Formen part del projecte les matèries de Tecnologia, Matemàtiques, Ciències de la naturalesa (Biologia i Geologia) i Visual i plàstica.

A l'anàlisi dels resultats de les proves de competències bàsiques d'ESO del 2018 el Departament d'Ensenyament va detectar que els alumnes mostren una dificultat notable i persistent en el camp de la geometria, que es troba enquadrat en el Bloc "Espai i Forma" i el Bloc "Mesura" del currículum de Matemàtiques del Decret 187/2015. (Departament d'Ensenyament de la Generalitat de Catalunya, 2015). El projecte té en compte aquest fet i en ell es dona molt de pes a treballar la geometria.

8.2 Objectius de la proposta

Objectiu general:

- Facilitar la comprensió de continguts complexos contemplats a la programació de diverses assignatures desenvolupant un projecte motivador per a l'alumnat mitjançant el procés del disseny i construcció de prototips i objectes impresos en 3D.

Objectius específics:

- Millorar els processos d'aprenentatge i desenvolupar competències clau, és a dir, les competències bàsiques d'àmbit de les distintes assignatures i les competències transversals.
- Involucrar l'alumnat de manera activa i responsable en un procés d'aprenentatge en el qual treballen la conceptualització, desenvolupament i producció d'un disseny.
- Afavorir la interdisciplinarietat i el treball en equip per formar estudiants més reflexius.
- Fomentar l'emprenedoria i promoure la idea d'aprendre fent.
- Enfortir el raonament lògic, la competència digital i la capacitat per resoldre problemàtiques.
- Desenvolupar la intel·ligència espacial de l'alumnat i estimular la seva creativitat a través del disseny i modelatge de peces fabricades en impressió 3D.
- Fomentar l'esperit de programari i maquinari lliure en els alumnes perquè el dia de demà contribueixin al desenvolupament del coneixement obert.

8.3 Desenvolupament de la proposta

En aquest apartat s'inclou la documentació necessària per al docent per dur a terme el "Projecte cèl·lula". Per preparar el projecte s'ha tingut en compte en tot moment el Decret 187/2015, de 25 d'agost, d'ordenació dels ensenyaments de l'educació secundària obligatòria. (Departament d'Ensenyament de la Generalitat de Catalunya, 2015)

8.3.1 Descripció del projecte

El "Projecte cèl·lula" està dirigit als alumnes de 1r d'ESO, es pretén que els alumnes assoleixen des de les 4 matèries (Tecnologia, Matemàtiques, Biologia i Geologia i Visual i plàstica) de manera complementària, les competències i continguts a partir d'un tema comú, les cèl·lules animals i vegetals.

El projecte consisteix en la construcció de dos prototips de cèl·lula mitjançant impressores 3D, un d'una cèl·lula animal i un altre d'una cèl·lula vegetal. Les cèl·lules animals i vegetals comparteixen alguns elements que les componen. Es demanarà als alumnes que facin els dos prototips (models) a manera de joc on encaixar figures geomètriques, representaran les diferents parts que componen les dues cèl·lules (nucli, vacúols, mitocondris, etc.) amb figures geomètriques (triangles, quadrats, cercles). D'aquesta manera, hi haurà dues bases diferenciades (cèl·lula animal, cèl·lula vegetal) amb forats, on encaixaran les diferents figures geomètriques. Això permetrà obtenir una mena de Joc que serveixi per entendre, ara i en un futur, les diferències i similituds entre els dos tipus de cèl·lules, podent moure les figures que representen les parts de les cèl·lules d'una a l'altra. A més a més, complementàriament, les figures geomètriques es poden replicar en més mides i poden ser d'utilitat en les classes de matemàtiques per entendre millor la geometria, les àrees, les mesures, etc.

8.3.2 Enunciat del projecte

L'enunciat del projecte pot presentar-se de distintes formes, ja sigui amb un text publicat a una Pàgina Web, en un document escrit que es donarà a l'alumnat, en un vídeo, etc. També cada centre podrà triar el contingut d'aquest enunciat.

A continuació es posa un exemple:

Uns professors d'un altre centre ens han demanat la nostra ajuda. Tenen uns alumnes que no són capaços de diferenciar els elements que componen les cèl·lules animals i vegetals, per això ens han demanat que construïm un Joc d'aquells on s'encaixen figures geomètriques, per tal de poder explicar-ho millor als seus alumnes. Haureu de construir un prototip del Joc amb peces impreses en 3D. Per fer-ho haurem de treballar conjuntament en les matèries de Tecnologia, Matemàtiques, Biologia i Geologia i Visual i plàstica. Al final presentarem els nostres projectes a la resta de companys i companyes.

8.3.3 Aportacions de les matèries implicades

Tecnologia

S'aplicaran totes les fases del procés tecnològic.

Es construiran els objectes mitjançant el procés de fabricació digital d'Impressió 3D. Dibuixaran i modelaran les diferents peces amb el programa de disseny Tinkercad (als alumnes amb dificultats per generar els dissenys amb eines informàtiques se'ls pot proporcionar arxius ja fets dels elements que han de fabricar que podran modificar o no). Aprendran a exportar arxius en STL a transformar-los en arxius G-Code i fer servir les impressores 3D.

Matemàtiques

Es treballaran les figures geomètriques en dues dimensions i les longituds, perímetres i àrees de les figures geomètriques. S'inclourà l'altura com a introducció a les figures de tres dimensions. S'ajudarà a dissenyar les diferents figures geomètriques que es faran servir pel prototip i a controlar escales del dibuix amb programari digital.

Biologia i geologia

Es treballaran les cèl·lules vegetals i cèl·lules animals, mitjançant explicacions i investigacions, per exemple mirant-les a través del microscopi, aprendran a diferenciar les diferents parts de les cèl·lules i a conèixer quines d'aquestes parts són comunes a ambdues cèl·lules i quines no.

Visual i plàstica

Es faran dibuixos a mà alçada, es decidiran les formes i els colors de cada prototip, es promourà l'aspecte artístic, s'ajudarà en el dibuix i modelatge de les peces amb Tinkercad.

8.3.4 Objectius formatius

Objectius formatius transversals:

- Seleccionar, gestionar i tractar la informació d'Internet de forma correcta i generant un nou coneixement.
- Treballar en grups col·laboratius de forma autònoma seguint les indicacions del projecte.
- Exposar el projecte de manera oral fent ús de les tecnologies de la informació i la comunicació (TIC).

Objectius formatius específics:

- Aplicar totes les etapes del procés tecnològic.
- Complir les normes de seguretat del taller i de l'ús de les eines.
- Reconèixer les diferents fases de la fabricació digital amb Impressió 3D.
- Utilitzar el programa Tinkercad i representar amb eines digitals objectes a escala.
- Saber fer servir les impressores 3D i construir objectes amb elles.
- Conèixer els principals elements que componen les cèl·lules animals i vegetals.
- Reconèixer els principals cossos geomètrics i les seves característiques.
- Passar de la idea al dibuix.

Per tal de tenir un bon rendiment en la pràctica cal que l'alumnat hagi treballat prèviament els conceptes bàsics sobre:

- Fases del procés tecnològic.
- Nocions bàsiques de programari de dibuix.

Al llarg del projecte s'estudiarà:

- Concepte de Control Numèric.
- Diferenciar entre els distints materials que es poden fer servir en les impressores 3D, amb exemples que puguin tocar.
- Imprimir amb diferents paràmetres de gruix de capa, velocitat, temperatura del llit, etc., perquè ho puguin assolir coneixements.

8.3.5 Continguts curriculars, continguts clau i competències bàsiques que es treballen.

Taula 6. Competències bàsiques i Continguts curriculars de l'àmbit Personal i Social

| Àmbit: Personal i social (Transversal) | |
|--|--|
| Competències bàsiques | Competències bàsiques |
| 1,2,3 i 4 | CCPS2,CCPS5,CCPS6,CCPS7,CCPS8,CCPS9,CCPS10,CCPS14,CCPS15,CCPS16,CCPS17,CCPS18 i CCPS20 |

Competència 1. Prendre consciència d'un mateix i implicar-se en el procés de creixement personal.

Competència 2. Conèixer i posar en pràctica estratègies i hàbits que intervenen en el propi aprenentatge.

Competència 3. Desenvolupar habilitats i actituds que permetin afrontar els reptes de l'aprenentatge al llarg de la vida.

Competència 4. Participar a l'aula, al centre i a l'entorn, de manera reflexiva i responsable.

CCPS2. Capacitats cognitives.

CCPS5. Actitud de superació personal.

CCP 6. Hàbits d'aprenentatge.

CCPS7. Planificació dels aprenentatges.

CCPS8. Organització del coneixement.

CCPS9. Consolidació i recuperació del coneixement.

CCPS10. Transferència dels aprenentatges.

CCPS14. Habilitats i actituds per al treball en grup.

CCPS15. Dinàmiques de cohesió de grup i col·laboratives.

CCPS16. Eines digitals col·laboratives.

CCPS17. Habilitats i actituds per a la participació.

CCP 18. Espais de participació.

CCPS20. Eines digitals de participació.

Taula 7. Competències bàsiques i Continguts curriculars de l'àmbit Digital

| Àmbit: Digital (Transversal) | |
|------------------------------|---|
| Competències bàsiques | Competències bàsiques |
| 1,2,4,5,8 i 11 | CCD1, CCD9, CCD13, CCD14, CCD16, CCD17, CCD22 i CCD24 |

Competència 1. Seleccionar, configurar i programar dispositius digitals segons les tasques a realitzar.

Competència 2. Utilitzar les aplicacions d'edició de textos, presentacions

Multimèdia i tractament de dades numèriques per a la producció de documents digitals.

Competència 4. Cercar, contrastar i seleccionar informació digital adequada per al treball a realitzar, tot considerant diverses fonts i mitjans digitals.

Competència 5. Construir nou coneixement personal mitjançant estratègies de tractament de la informació amb el suport d'aplicacions digitals.

Competència 8. Realitzar activitats en grup tot utilitzant eines i entorns virtuals de treball col·laboratiu.

Competència 11. Actuar de forma crítica i responsable en l'ús de les TIC, tot considerant aspectes ètics, legals, de seguretat, de sostenibilitat i d'identitat digital.

CCD1. Funcionalitats bàsiques dels dispositius.

CCD9. Eines d'edició de documents de text, presentacions multimèdia i processament de dades numèriques.

CCD13. Fonts d'informació digital: selecció i valoració.

CCD14. Selecció, catalogació, emmagatzematge i compartició de la informació.

CCD16. Tractament de la informació.

CCD17. Construcció de coneixement: tècniques i instruments.

CCD22. Entorns de treball i aprenentatge col·laboratiu.

CCD24. Aprenentatge permanent: entorns virtuals d'aprenentatge, recursos per a l'aprenentatge formal i no formal a la xarxa.

Taula 8. Competències bàsiques, Continguts Clau i Continguts curriculars Tecnologia

| Àmbit: Científicotecnològic | | Matèria: Tecnologia | Nivell: 1r d'ESO |
|-----------------------------|---------------------------|--|------------------|
| Competències bàsiques | Continguts clau associats | Continguts curriculars | |
| 7 i 9 | CC17 i CC24 | <ul style="list-style-type: none"> ◊ Bloc curricular: El procés tecnològic. <ul style="list-style-type: none"> o Anàlisi del problema a resoldre. o Recerca d'informació mitjançant eines digitals. o Disseny i desenvolupament d'idees per a la resolució de la situació problema. El projecte i la memòria. o Execució del projecte. o Avaluació del projecte. ◊ Bloc curricular: Disseny i construcció d'objectes. <ul style="list-style-type: none"> o Representació d'objectes: escales, acotacions i croquis. o Instruments de mesura bàsics. o Ús d'eines, instruments i màquines pròpies de l'entorn tecnològic. Normes de seguretat. o Disseny i construcció d'un objecte senzill. o Eines digitals per al disseny i la construcció d'objectes. | |

Competència 7. Utilitzar objectes tecnològics de la vida quotidiana amb el coneixement bàsic del seu funcionament, manteniment i accions a fer per minimitzar els riscos en la manipulació i en l'impacte mediambiental.

Competència 9. Dissenyar objectes tecnològics senzills que resolguin un problema i avaluar-ne la idoneïtat del resultat.

CC17. Objectes tecnològics de la vida quotidiana.

CC24. Disseny i construcció d'objectes tecnològics.

Taula 9. Competències bàsiques, Continguts Clau i Continguts curriculars Matemàtiques

| Àmbit: Matemàtic | | Matèria: Matemàtiques | Nivell: 1r d'ESO |
|-----------------------|-----------------------------|--|------------------|
| Competències bàsiques | Continguts clau associats | Continguts curriculars | |
| 2,3,5,6,7,9 i 11 | CC8, CC9, CC10, CC11 i CC12 | <p>◊ Bloc curricular: Espai i forma.</p> <ul style="list-style-type: none"> Figures geomètriques de dues dimensions: <ul style="list-style-type: none"> Identificació i descripció a partir d'objectes reals, imatges i models. Posició i orientació de les figures. Elements bàsics de la geometria plana (paral·lelisme i perpendicularitat). <p>◊ Bloc curricular: mesura.</p> <ul style="list-style-type: none"> Longituds, perímetres i àrees de figures en dues dimensions: <ul style="list-style-type: none"> Presa de mesures i longituds. Càlcul de longituds, angles, perímetres i àrees. | |

Competència 2. Emprar conceptes, eines i estratègies matemàtiques per resoldre problemes.

Competència 3. Mantenir una actitud de recerca davant d'un problema assajant estratègies diverses.

Competència 5. Construir, expressar i contrastar argumentacions per justificar i validar les afirmacions que es fan en matemàtiques.

Competència 6. Emprar el raonament matemàtic en entorns no matemàtics.

Competència 7. Usar les relacions que hi ha entre les diverses parts de les matemàtiques per analitzar situacions i per raonar.

Competència 9. Representar un concepte o relació matemàtica de diverses maneres i usar el canvi de representació com estratègia de treball matemàtic.

Competència 11. Emprar la comunicació i el treball col·laboratiu per compartir i construir coneixement a partir d'idees matemàtiques.

CC8. Sentit espacial i representació de figures tridimensionals.

CC9. Figures geomètriques, característiques, propietats i processos de construcció.

CC10. Relacions i transformacions geomètriques

CC11. Magnituds i mesura.

CC12. Relacions mètriques i càlcul de mesures en figures.

Taula 10. Competències bàsiques, Continguts Clau i Continguts curriculars Biologia i Geologia

| Àmbit: Científicotecnològic | | Matèria: Biologia i Geologia | Nivell: 1r d'ESO |
|-----------------------------|---------------------------|--|------------------|
| Competències bàsiques | Continguts clau associats | Continguts curriculars | |
| 2 i 4 | CC9 | ◇ Bloc curricular: la vida a la Terra. o La cèl·lula, unitat estructural i funcional. Diversitat de les cèl·lules. Principals estructures cel·lulars. | |

Competència 2. Identificar i caracteritzar els sistemes biològics i geològics des de la perspectiva dels models, per comunicar i predir el comportament dels fenòmens naturals.

Competència 4. Identificar i resoldre problemes científics susceptibles de ser investigats en l'àmbit escolar, que impliquin el disseny, la realització i la comunicació d'investigacions experimentals.

CC9. Model de cèl·lula.

Taula 11. Competències bàsiques, Continguts Clau i Continguts curriculars Visual i Plàstica

| Àmbit: Artístic | | Matèria: Visual i plàstica | Nivell: 1r d'ESO |
|-----------------------|-------------------------------|--|------------------|
| Competències bàsiques | Continguts clau associats | Continguts curriculars | |
| 2,4,6,7 i 9 | CC1, CC5, CC6, CC7, CC8 i CC9 | ◇ Bloc curricular: dimensió expressió, interpretació i creació ● Les tècniques i els sistemes de representació: o Dibuix a mà alçada i traçats geomètrics. o Eines per a les representacions analògiques i digitals. ● La creació artística: o Processos creatius.. | |

Competència 2. Mostrar hàbits de percepció reflexiva i oberta de la realitat sonora i visual de l'entorn natural i cultural.

Competència 4. Interpretar i representar amb formes bidimensionals i tridimensionals, estàtiques i en moviment.

Competència 6. Experimentar i/o improvisar amb instruments i tècniques dels llenguatges artístics.

Competència 7. Desenvolupar projectes artístics disciplinaris o transdisciplinaris tant personals com col·lectius.

Competència 9. Gaudir de les experiències i creacions artístiques com a font d'enriquiment personal i social.

CC1. Percepció visual i audiovisual.

CC5. Forma: tipologia i característiques.

CC6. Interpretació de les formes i lectura d'imatges.

CC7. Expressió i comunicació.

CC8. Bidimensionalitat, tridimensionalitat i temporalitat.

CC9. Instruments i tècniques analògiques i digitals per a la representació i comunicació visual i audiovisual.

8.3.6 Criteris d'avaluació

Criteris d'avaluació transversals:

- Són capaços de seleccionar, gestionar i tractar la informació d'Internet de forma correcta i generant un nou coneixement.
- Són capaços de treballar en grups col·laboratius de forma autònoma seguint les indicacions del projecte.
- Són capaços de comunicar els projectes realitzats amb l'ajuda de mitjans digitals, emprant un llenguatge tecnològic adequat i incloent-hi diferents elements visuals (taules, gràfics, imatges).

Criteris d'avaluació específics:

- Apliquen totes les etapes del procés tecnològic.
- Compleixen les normes de seguretat del taller i fan un ús correcte de les eines. En acabar les sessions deixen tot al seu lloc i deixen l'espai net.
- Reconeixen i apliquen les diferents fases del procés de fabricació digital amb Impressió 3D.
- Són capaços de dibuixar/modelitzar objectes en 3D, a escala, amb el programa Thinkercad.
- Són capaços de fer servir correctament les impressores 3D i construir objectes amb elles.
- Reconeixen els principals elements que componen les cèl·lules animals i vegetal i quins elements tenen en comú.
- Reconèixer els principals cossos geomètrics i les seves característiques.
- Són capaços de representar les idees en dibuixos fets a mà.

8.3.7 Metodologia de treball

La metodologia que es farà servir en aquest projecte és L'aprenentatge Basat en Projectes al voltant de disciplines STEAM.

Participar en un projecte de disseny i fabricació d'objectes permet a l'alumnat responsabilitzar-se del seu propi aprenentatge. Encaixa amb el desenvolupament de les fases del procés tecnològic. I és una metodologia que s'adapta a les necessitats de l'alumnat, fomenta el treball cooperatiu, l'aprenentatge entre iguals i la motivació.

8.3.8 Organització de l'alumnat

Es formaran grups de 3 o 4 alumnes, el més heterogenis i complementaris possible. Preferentment la formació de grups la faran els tutors de cada grup classe. Es pot deixar escollir als alumnes, hi ha distintes formes de què això no sigui un problema, per exemple es fa que primer formin parelles i serà el tutor qui després ajuntarà dues parelles, tenint en compte els criteris necessaris, formant els grups de treball.

Per altra banda es demanarà que els alumnes s'organitzin entre ells dins del grup, assignant-se responsabilitats i repartint-se les tasques.

Els grups crearan una carpeta Drive que compartiran amb els professors per tal que aquets porten un control de les tasques que s'han realitzat.

8.3.9 Atenció a la diversitat

- La formació de grups s'ha fet de manera que siguin heterogenis i complementaris, de tal forma que tots puguin aportar en funció de les seves capacitats.
- Als alumnes amb més dificultats se'ls farà un seguiment especial.
- Els docents aniran donant retroaccions positives per tal que els alumnes es motivin.
- Es poden proposar nivells diferents del projecte.

8.3.10 Seqüenciació i temporització

Els diferents centres que vulguin implementar aquest projecte seran els encarregats de planificar la seva seqüenciació i temporització. Hi ha centres que reserven dues o tres setmanes per fer projectes interdisciplinaris, aturant l'horari habitual. Altres centres fan el projecte durant tot un trimestre, sigui en hores reservades expressament o en les hores habituals de les matèries implicades. La duració del projecte també difereix molt del tipus d'alumnat i dels coneixements previs que tinguin en el disseny per ordinador, però aproximadament serien 18 hores lectives.

A continuació faig un petit resum de les diferents fases del projecte, per tal que tinguin una guia on basar-se.

- Presentació del projecte, presentació de rubriques d'avaluació i formació de grups.
- Anàlisi del problema a resoldre i recerca d'informació.
- Disseny i desenvolupament d'idees per a la resolució de la situació problema.
- L'execució del projecte. Inclòs el procés de fabricació digital (Dibuix/model dels objectes amb programari 3D, preparació dels arxius per imprimir amb impressores 3D, impressió dels objectes)
- Redacció de la memòria i preparació de la presentació oral.
- Presentació dels projectes i del procés mitjançant aplicacions digitals.
- Avaluació de l'alumnat i del projecte.

8.3.11 Recursos necessaris

Materials:

- Rotllos de PLA amb el diàmetre adequat per les impressores 3D.
- Pega tipus *Súper Glue* o similar amb actuador /segellador (Per unir peces)
- Papers.
- Laca (Preparació del llit de la impressora)

Maquinària:

- Dues impressores 3D tipus FDM.

Eines:

- Paper de vidre (Per preparar unió de peces), tenalles de punta fina i tenalles de tall (Per llevar els suports sobrants).
- Llapis de distints colors.
- Instruments de mesura.

Dispositius i programari:

- Ordinadors o Notebooks amb el següent programari: Tinkercad (<https://www.tinkercad.com/>), Net Fabb 6.0 (www.netfabb.com) i Cura (www.ultimaker.com)

Documentació:

- Guió del projecte.
- Diferències entre cèl·lula animal i vegetal:

<http://cientificate80.blogspot.com/2016/04/diferencias-entre-celulla-animal-i.html>

- Recomanacions impressió 3D:

<https://www.impresoras3d.com/imprimir-en-3d-10-tecnicas-y-habitos-que-necesitas-conocer/>

8.3.12 Avaluació de l'alumnat

Durant les diferents fases del projecte s'anirà avaluant l'assoliment de les diferents competències, segons els criteris d'avaluació, mitjançant rúbriques que seran conegudes pels alumnes des de la presentació del projecte. Amb les següents ponderacions:

- 50% Procediment: Objectes finals/productes, mitjançant rúbrica de l'objecte en si i de les presentacions.
- 30% Conceptes: Aprenentatges apresos, mitjançant rúbrica de la memòria del projecte.
- 20% Actitud: Comportament, ús del taller, actitud proactiva, etc., mitjançant observació continua del professorat i rúbrica d'autoavaluació dels alumnes.

Cada professor/a serà el responsable d'avaluar els objectius i competències relacionades amb la seva matèria. Els objectius i competències transversals seran avaluats per tots els professors i professores durant les diferents sessions, en finalitzar el projecte es farà una posada en comú.

8.3.13 Risc de l'activitat

- Organització entre els docents de les diferents matèries: Pot haver-hi problemes de coordinació.
- Funcionament dels grups: pot passar que en algun grup surtin conflictes o que no es produeixi un aprenentatge cooperatiu, si els alumnes no són capaços de solucionar-ho per ells mateixos els professors hauran d'intervenir i tenir-ho en compte per la formació dels grups en futurs projectes.
- Coordinació de les impressions 3D : Les impressores 3D solen trigar molt a imprimir les peces, i això pot ser un problema per la manca de temps, haurà d'haver un professor encarregat de coordinar les impressions i segurament haurà de dedicar més hores que les de les mateixes sessions.

8.3.14 Avaluació del projecte

L'avaluació del projecte la duran a terme tots els professors implicats i la compartiran en una reunió un cop finalitzat.

Taula 12. Rúbrica d'avaluació del Projecte

| | Correcte | Millorable | Deficient |
|--------------------------|---|---|--|
| Temporització | Les activitats s'han ajustat a la temporització | Alguna de les activitats s'ha desviat de la temporització, però el conjunt s'ha pogut dur a terme | Les activitats s'han desviat significativament de la temporització prevista i no s'han pogut completar en el temps estimat |
| Formació de grups | L'agrupament dels alumnes ha estat correcte | Alguns grups no han sigut suficientment heterogenis | Alguns grups no han sigut suficientment heterogenis |
| Material de suport | El material de suport és correcte i entenedor | Alguns dels apartats no són prou didàctics | El material és confús i/o incomplet |
| Model Cooperatiu | La majoria d'alumnes han participat activament i positivament | Més de 2/3 dels alumnes han participat activament i positivament | Molts alumnes s'han desentès de l'activitat grupal |
| Clima a l'aula | El clima ha estat positiu | Hi ha hagut petites interrupcions | S'ha produït moltes interrupcions i mostres clares de falta d'atenció |
| Resultats d'aprenentatge | El 90% dels grups han superat l'avaluació conjunta i individual | El 70% dels alumnes han superat l'avaluació conjunta i individual | El 50% dels alumnes han superat l'avaluació conjunta i individual |

9. Conclusions

Vivim en una societat que està en constant evolució, en el futur, les persones hauran d'assolir unes competències que els donin flexibilitat per adaptar-se als canvis del mercat laboral del segle XXI. Els centres educatius han de formar els seus alumnes en unes habilitats que seran essencials en aquest futur no tan llunyà, especialment les relacionades amb la ciència, la tecnologia, l'enginyeria i les matemàtiques (STEM) i les relacionades amb el pensament crític, la innovació i la ciència de l'organització. Les institucions educatives també han de donar importància a les connexions interdisciplinàries. Això ja s'està fent i cada vegada més els centres de Secundària i Batxillerat incorporen noves metodologies educatives al costat de noves eines digitals.

En el desenvolupament d'aquest treball s'ha aprofundit en la història i els orígens de la fabricació digital, dels Fablabs i el moviment Maker que els acompanya. S'ha fet un repàs als diferents equipaments i iniciatives relacionades amb la fabricació digital existents actualment a Catalunya. Aquests equipaments, com poden ser els Ateneus de Fabricació, suposen un gran suport pels centres educatius, ja sigui facilitant l'accés als seus espais com oferint la formació necessària al professorat.

Al llarg d'aquest treball s'ha fet un repàs a iniciatives i programes d'arrel del món on es fa ús de la fabricació digital en l'educació i s'ha fet una anàlisi de distintes investigacions, programes i experiments que s'han implementat per part d'investigadors i educadors en entorns educatius. També s'ha exposat que els FabLabs ofereixen una barreja d'eines, mètodes/metodologies/models pedagògics i tecnologia per fer més atractiu l'aprenentatge. En aquests espais s'afavoreix, entre d'altres, els treballs col·laboratius i interdisciplinaris contextualitzats en STEAM. Si bé és cert que la implementació dels FabLabs als centres educatius encara és una cosa relativament recent i que encara no se sap realment quin és el seu impacte, els experts veuen un gran potencial en la implementació dels FabLabs als centres de Secundària i Batxillerat.

En aquest treball també s'han descrit quines són les necessitats per implementar els FabLabs als centres educatius i s'ha analitzat quina és la problemàtica actual per fer-ho. Si bé la implementació dels FabLabs als centres educatius és un fenomen en auge arran del món, a Catalunya encara trobem factors com la manca de recursos econòmics, la manca de formació del professorat i la necessitat d'un manteniment continu, que dificulten la seva implementació. Malgrat això, ja són molts els centres que han optat per incorporar Impressores 3D a les seves instal·lacions.

Finalment s'ha fet una proposta pedagògica on es vincula un procés de fabricació digital típic dels FabLabs amb el currículum de secundària. Concretament s'ha optat per un exemple de projecte on es fa servir la fabricació digital amb impressores 3D tipus FDM, ja que és la que més s'ha implementat i es pretén que el projecte sigui adient a la major quantitat de centres possible.

10. Bibliografia

- Blikstein, P. (2014). Digital Fabrication and 'Making' in Education The Democratization of Invention. *FabLab*. <https://doi.org/10.14361/transcript.9783839423820.203>
- Departament d'Ensenyament de la Generalitat de Catalunya. (2015). Decret 187/2015, de 25 d'agost d'Ordenació de l'Ensenyament Secundari Obligatori. *Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya*, 6945, 1-305.
- Departament d'Ensenyament Generalitat de Catalunya. (2012). Ofensiva de país a favor de l'èxit escolar. Pla per a la reducció del fracàs escolar a Catalunya. *Barcelona*.
- Europea, U. (2009). *Conclusiones Consejo EU*. 2-10.
- Fabricació, A. De. (2015). *Xarxa d'Ateneus de Fabricació*.
- Garcia Alvarado, R. (2011). Digital fabrication of construction models: analysis of equipments and procedures. *Revista Facultad De Ingenieria-Universidad De Antioquia*, 145-157.
- García Saez, C. (2016). *(Casi) Todo por Hacer. Una mirada social y educativa sobre los Fab Labs y el movimiento maker*. 75.
- Gershenfeld, N. (2012). How to Make Almost Anything: The Digital Fabrication Revolution. *Foreign Aff.*, 91(6), 58.
- Martin, L. (2015). The Promise of the Maker Movement for Education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 5(1). <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1099>
- Mateo, J. (2015). *L'avaluació de quart d'ESO*.
- Mckay, C., & Peppler, K. (2013). *MakerCart: A Mobile Fab Lab for the Classroom*.
- Ministerio de Educación Cultura y Deporte. (2016). PISA 2015 Programa para la Evaluación Internacional de los Alumnos. *Informe Español*. <https://doi.org/10.1787/9788468012001-es>
- Smith, R. C., Iversen, O. S., & Hjorth, M. (2015). Design thinking for digital fabrication in education. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 5(November), 20-28. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2015.10.002>
- Stansell, A., & Tyler-Wod, T. (2016). Digital fabrication for STEM projects: A middle school example. *Proceedings - IEEE 16th International Conference on Advanced Learning Technologies, ICALT 2016*, 483-485.
- Tesconi, S. (2015). Crear artefactos para generar conocimiento compartido. *Comunicación y Pedagogía*, 01-12.
- World Economic Forum. (2016). The Future of Jobs - Reports - World Economic Forum. *Research Report*.
- World Economic Forum. (2017). Realizing human potential in the fourth industrial revolution: An agenda for leaders to shape the future of education, gender and work. *World Economic Forum*, (January), 1-38.

11. Webgrafia

FabLab@school: de la idea al producte. (2014). Observatorio Profturo. Recuperat al Gener del 2019 de <https://observatorio.profuturo.education/blog/2014/11/13/fablab-school-de-la-idea-al-producte/>

FAB LAB SCHOOL. (s.d.). BDN Lab. Recuperat el Març del 2019 de <https://bdnlab.org/educacion/fab-lab-school/>

eCraft2Learn. (s.d.). User Guide. [Arxiu PDF]. Recuperat de https://project.ecraft2learn.eu/wp-content/uploads/2019/02/Guide-1_Introducing-eCraft2Learn-User-Guides.pdf